COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS,
55, quai des Grands-Augustins.

136970-50

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS

DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.



TOME DEUX-CENT-TRENTE-ET-UNIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1950.



PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1950

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 JUILLET 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Albert Francis Blakeslee**, Associé étranger de l'Académie, et **C. E. Hesthal**, Professeur de Physique et d'Astronomie à l'*Ohio State University*, qui assistent à la séance.

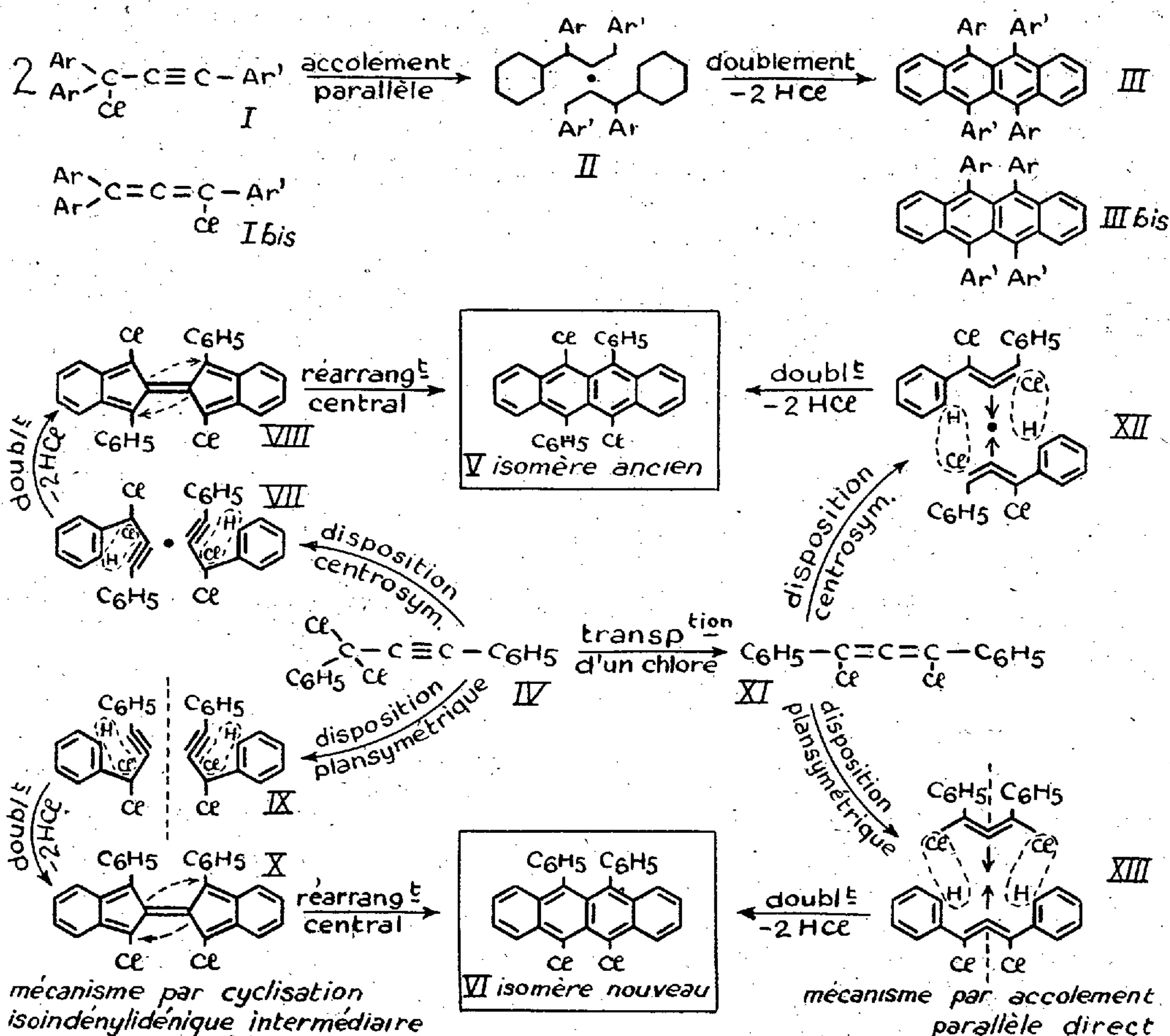
CHIMIE ORGANIQUE. — *Distribution exceptionnelle en péri de paires de substituants, dans la synthèse rubrénique des naphtacènes : cas du mésodichlorodiphénylnaphtacène*. Note (*) de MM. **Charles Dufraisse**, **André Étienne** et **Jean Jolly**.

La production d'un isomère péri dans la réaction rubrénique n'oblige pas à rejeter le mécanisme, généralement admis, par accolement parallèle de deux chaînes propargyliques, mais alors cette production ne peut avoir qu'un caractère exceptionnel, lié à une structure appropriée de la matière première.

On ne connaît encore que peu de choses sur le mécanisme du passage des chlorures triarylpropargyliques aux naphtacènes par doublement, puis perte de deux hydracides (réaction rubrénique). Il est, toutefois, un fait bien établi, c'est que le doublement, avec déchlorhydratation, du corps arylpropar-

(*) Séance du 26 juin 1950.

gylique (I), s'y opère suivant une disposition centrosymétrique, d'où résulte une distribution en diagonale (positions dia) des mésosubstituants Ar et Ar′ (III). On en a déduit une ébauche de mécanisme comportant essentiellement un accolement parallèle (II), des deux chaînes propargyliques.



La preuve de la distribution dia des paires de mésosubstituants a été donnée plusieurs fois et, tout récemment encore, à propos d'un chlorure naphtylpropargylique ([1]). L'une des plus frappantes de ces démonstrations est celle qui porte sur la formation du dichlorodiphénylnaphtacène ([2]) (V), à partir du dichloro-3.3 diphényl-1.3 propyne (IV), corps qui se comporte dans la

([1]) Ch. Dufraisse, J. Robin et D. Bertin, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 5.

([2]) Ch. Dufraisse et R. Buret, *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 962. Pour la conversion des anciennes formules bisindénylidéniques de cette Note et des deux Mémoires suivants ([3]) en formules naphtacéniques actuelles, *voir* Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, **3**, 1936, p. 1866.

réaction comme un chlorure triarylpropargylique (I), dont un des aryles géminés aurait été remplacé par un chlore; le naphtacène résultant du doublement porte alors deux chlores en méso à la place de deux aryles. La disposition dia de ces chlores, d'une part, et des deux phényles, de l'autre, a été prouvée par tout un ensemble de transformations se recoupant entre elles et avec d'autres transformations parallèles (3).

Ayant repris l'étude plus approfondie de cette synthèse, nous venons d'observer la formation, à côté du corps déjà connu (V), à structure dia, d'un isomère (F_{inst} 241°-242°) auquel ses propriétés assignent indubitablement la structure péri (VI).

a. Le fait paraissant, au premier abord, incompatible avec le mécanisme par accolement parallèle (II), nous avons reconsidéré une hypothèse antérieurement envisagée (4), et virtuellement abandonnée depuis, pour la réaction rubrénique. On y supposait, comme intermédiaire instable, une structure bisisoindénylidénique, justement celle qui avait été attribuée primitivement au rubrène. Le passage à la structure naphtacénique, rappelons-le, était expliqué (5) par un redressement du doublet de carbones centraux, que déterminait un couple de transpositions pinacolique et rétropinacolique, résultant d'une addition puis d'une élimination de l'hydracide libéré par la réaction rubrénique.

Si l'on applique ce mécanisme au cas actuel du dichlorure (IV), on voit que le doublement bisisoindénylidénique peut se faire indifféremment suivant deux modes, correspondant aux deux dispositions possibles des molécules, (VII) et (IX), l'une par rapport à l'autre, avant leur union. On aura alors deux structures intermédiaires, l'une centrosymétrique (VIII), qui correspond à l'isomère dia (V), l'autre plansymétrique (X), correspondant à l'isomère péri (VI) (6).

Quelque satisfaisant que puisse apparaître ce mécanisme, il n'a pas notre préférence. On ne voit pas, en effet, pourquoi la production simultanée des deux isomères ne serait pas générale, chaque fois qu'elle est théoriquement possible, c'est-à-dire quand les mésosubstituants sont par paires inégales, comme il en est déjà pour les rubrènes issus des chlorures de formules (I), à deux aryles géminés identiques, avec aryle isolé différent.

Or, les recherches systématiques d'isomères, pratiquées à chaque synthèse

(3) Ch. Dufraisse, R. Buret et R. Girard, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 782; Ch. Dufraisse et R. Girard, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 1359.

(4) Ch. Dufraisse, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1858.

(5) Ch. Dufraisse, *ibid.*, p. 1849.

(6) Pour la simplicité de la présentation on a fait dériver chaque naphtacène du bisisoindénylidène correspondant, mais, théoriquement, le réarrangement peut donner chacun des deux naphtacènes à partir de chacun des deux bisisoindénylidènes. Cette observation ne change rien au raisonnement.

de nouveaux rubrènes, n'ont jamais fourni ceux-ci qu'en nombres conformes aux prévisions théoriques du mécanisme par accolement parallèle, (II) : on en compte trois, quand les aryles géminés du chlorure initial sont dissemblables, et un seul quand ils sont identiques, alors que ces chiffres devraient être doublés si les isomères péri entraient en ligne.

Le cas du dichlorure (IV) est donc unique.

b. Ce ne serait pas, cependant, une raison suffisante d'écarter sans appel le mécanisme par cyclisation isoindénylidénique, la recherche d'isomères peu abondants ayant pu être défaillante. Aussi ne manquons-nous pas de revoir attentivement, l'un après l'autre, avec des moyens nouveaux (chromatographie entre autres), les résidus des anciennes préparations de rubrènes correspondant au type (III), pour essayer d'y découvrir les isomères péri (III *bis*) : jusqu'à présent aucun indice de la présence de tels corps ne s'est manifesté.

Néanmoins, le caractère exceptionnel de la formation de l'isomère péri (VI) nous a paru imposer l'idée d'un mécanisme particulier à la structure qui lui donne naissance. Nous pensons l'avoir trouvé sans avoir à abandonner le mécanisme par accolement parallèle (II).

Les nombreux travaux effectués à notre laboratoire, et aussi ailleurs, tendent à renforcer une hypothèse de Willemart ([7]) suivant laquelle, avant son doublement, le chlorure propargylique, générateur du rubrène, passerait par une forme allénique provenant d'une transposition 1-3 de l'atome de chlore. D'après cela, le chlorure (IV) se transposerait, tout d'abord, en l'allène dichloré (XI).

On remarque aussitôt que cet intermédiaire est symétrique; les deux phényles, identiquement placés, peuvent réagir identiquement dans le stade ultérieur, et il en est de même pour les chlores. Deux voies s'ouvrent alors pour le doublement par accolement parallèle : l'une (XII), suivant la disposition centrosymétrique, ordinaire, l'autre (XIII), suivant une distribution plansymétrique, spéciale aux corps du type (XI), c'est-à-dire à ceux qui portent un halogène à chacune des deux extrémités de l'enchaînement allénique.

Cette dernière possibilité n'existe pas pour les chlorures triarylpropargyliques, dont l'isomère allénique n'a de chlore que d'un côté (I *bis*) : l'accès aux rubrènes de type (III *bis*), avec distribution péri de leurs mésosubstituants leur est donc interdit.

Nous laissons provisoirement de côté l'éventualité de l'existence simultanée des deux mécanismes envisagés en *a* et *b*, celui de l'accolement parallèle étant prépondérant avec les chlorures triarylpropargyliques.

([7]) *Comptes rendus*, 187, 1928, p. 385.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du dessèchement sur la structure cellulaire dans la limite des altérations réversibles.* Note de M. **Pierre Dangeard.**

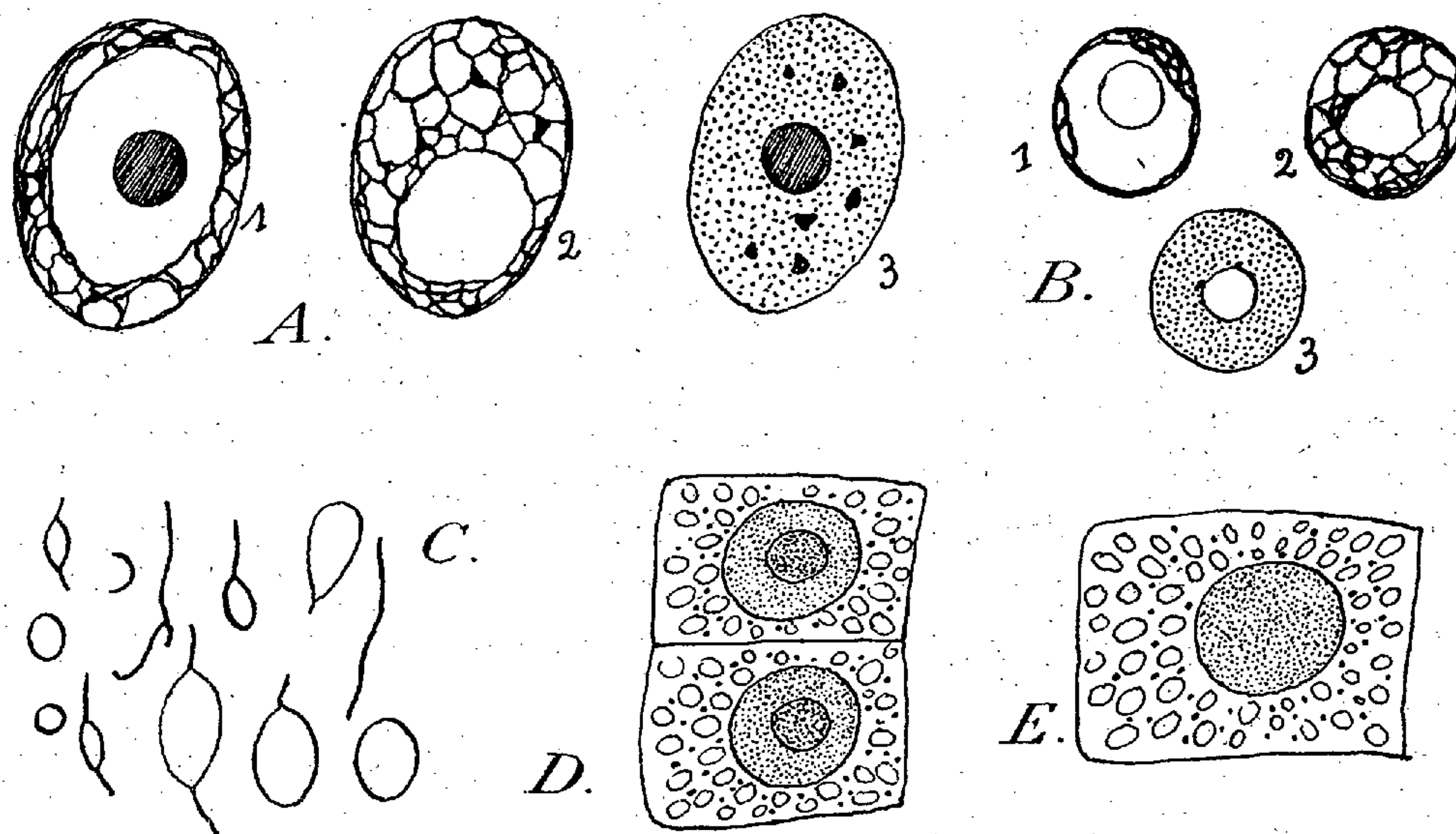
Dans le cadre des recherches entreprises sur les altérations cellulaires réversibles, l'action d'une déshydratation ménagée a été étudiée sur diverses radicules. Les altérations concernent le réticulum de chromatine, le vacuome et les mitochondries. Elles fournissent un exemple de plus de la faculté de restauration à l'échelle cellulaire.

Nous avons étudié l'action du dessèchement sur les méristèmes radiculaires de diverses plantules abandonnées sans précautions spéciales dans l'atmosphère du laboratoire à une température de 20 à 23°. Dans ces conditions des radicules de Pois, Haricot, Fève, Lupin blanc, Courge, Pin maritime peuvent supporter une heure, une heure et demie, voire parfois près de deux heures de dessèchement sans perdre la faculté, une fois remises dans l'eau, de reprendre une croissance normale.

Dans le but d'étudier les changements de structure s'il y avait lieu, nous avons fixé les radicules après une durée de dessèchement variant entre une heure et deux heures de façon à rester dans les limites des altérations réversibles. Les radicules au moment de leur fixation présentaient une perte de turgescence accentuée, mais n'étaient pas réellement flétries.

L'observation cytologique montre que diverses cellules (coiffe, méristème terminal, cellules corticales externes) ont des caractères nécrotiques se manifestant par de l'hyperchromaticité et par une désorganisation plus ou moins complète. Parmi les cellules demeurées vivantes, les altérations sont assez souvent très appréciables : les plus constantes concernent le noyau dont le nucléole, surtout dans les cellules du méristème terminal, perd sa chromaticité habituelle et devient parfois tout à fait indistinct au sein du nucléoplasme. Dans les cellules du type euchromocentrique (Haricot, Courge, etc.) les chromocentres ne semblent pas modifiés et ils peuvent toujours être mis en évidence par la méthode de Feulgen. Dans les noyaux des radicules de Pois et de Fève (type réticulé), par contre, nous avons constaté des altérations fort remarquables de la chromatine : au lieu d'un réseau léger, on observe un réseau grossier disposé sur le pourtour nucléaire au-dessous de la membrane. Ce réseau se colore en rouge par la méthode de Feulgen. Il a les formes les plus diverses (*fig.* A, B) et il est d'autant plus chromatique que la dessiccation a été plus accentuée. Cette répartition anormale de la chromatine est à classer dans les changements de structures réversibles car, 24 heures plus tard, la chromatine a repris sa disposition topographique habituelle dans les radicules replacées dans l'eau et qui ont repris la croissance. Cette modification de la structure de la chromatine nous semble comparable à certaines altérations de la structure nucléaire que nous avons décrites dans les noyaux des poils staminaux

de *Tradescantia* sous l'action de l'acide acétique dilué : la chromatine forme un réseau grossier qui est entièrement réversible (¹). Ces changements, dans un cas comme dans l'autre, semblent être dus à une viscosité accrue des filaments chromonématiques associés en un réseau.



A, Fève : noyaux du méristème radiculaire après une heure de dessèchement (chromatine formant un réseau, en coupe optique et de face) et noyau de type normal (3); B, Pois : noyaux de méristème dans les mêmes conditions; C, formes anormales du chondriome après 24ʰ de réhydratation; D, Courge giraumon : deux cellules de méristème après 1ʰ ½ de dessèchement (chondriome finement granuleux); E, Haricot : cellule de méristème dans les mêmes conditions (nucléole indistinct et chondriome raréfié). Gr. env. 1200. Regaud; Feulgen, vert-lumière, hématoxyline.

Dans le cytoplasme des cellules soumises à cette déshydratation ménagée, il y a lieu de noter l'abondance des précipités vacuolaires. Dans le méristème les mitochondries persistent en général, mais elles sont moins nettes et les formes granuleuses très petites dominent. Dans certains cas (Pin, Haricot) le chondriome peut avoir disparu presque totalement dans certaines cellules du méristème terminal.

D'une manière générale le retour dans l'eau amène le rétablissement de la structure habituelle dans les cellules du méristème terminal et dans la région du plérome avec, cependant, semble-t-il, une augmentation du volume des vacuoles : le chondriome est redevenu abondant, formé de grains, de bâtonnets et de filaments; les vésicules sont fréquentes. Nous avons noté des figures anormales de chondriosomes dans certaines radicules. Celles-ci consistent en longs filaments et surtout vésicules parfois très grandes (*fig.* C); les plastes ne

---

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1681.

semblent pas être modifiés notablement. Ces formes rappellent beaucoup celles que nous avons obtenues dans nos expériences avec l'acide acétique [2] et aussi celles que M. Buvat a obtenues sous l'effet de l'hydratation [3]. Il faut souligner que ces formes d'altération ne sont qu'une conséquence indirecte du desséchement, car elles sont produites au cours de la réhydratation qui suit, de sorte qu'on s'explique la similitude des résultats avec ceux qui concernent une imbibition anormale de caractère pathologique. Le desséchement semble entraîner momentanément, après retour dans l'eau, une imbibition exagérée des colloïdes protoplasmiques.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage d'un fascicule consacré aux réceptions qui lui furent faites en Afrique Occidentale française par les Conseils généraux du Sénégal, du Soudan et du Niger français au cours de son récent voyage.

PLIS CACHETÉS.

M. **Israël Marszak**, Mme **Andrée Marszak-Fleury**, MM. **Joseph Jacob**, **Georges Montezin** demandent l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 2 novembre 1949, et enregistré sous le n° 12605.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Recherches sur les amino esters non saturés. Propriétés pharmacologiques de certains dérivés acétyléniques de la série de l'acétylcholine.*

(Renvoi à la Section de Chimie.)

CORRESPONDANCE.

Le Président de l'**Union Géodésique et Géophysique internationale**, M. **F. A. Vening Meinesz**, annonce la réunion, à Bruxelles, du 21 août au 1er septembre 1951, de la neuvième Assemblée générale de cette Union, et invite l'Académie à constituer la délégation française à cette Assemblée.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Au service de la Cité. Le Cinquantenaire du Chemin de fer Métropolitain de Paris.* Textes de André Siegfried et Gérard Bauer. Illustrations de André Jacquemin.

---

(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 496.
(3) *Rev. de Cytol. et de Cytophys.*, **10**, 1948, p. 37.

2° GEORGES GOURDET et ALBERT PROUST. *Les diagrammes thermodynamiques.* Préface de PAUL DUMANOIS. Texte et planches.

3° *The Wellcome historical medical Library. A brief account of its history, scope and purpose.*

4° TOR BERGERON. Une série de tirages à part sur des questions de météorologie.

ALGÈBRE. — *Axiomatique des treillis semi-modulaires.*
Note (*) de M. **ROBERT CROISOT**, présentée par M. Élie Cartan.

Il existe un nombre considérable de propriétés capables de caractériser les treillis semi-modulaires *de longueur finie*. Dans cette Note, j'en cite quelques-unes, puis j'indique les implications binaires qui les lient dans un treillis quelconque et comment se particularisent ces liaisons si le treillis satisfait une condition de chaîne.

Soient x et y deux éléments d'un treillis. Je dis que le couple (x, y) vérifie la propriété a s'il est *modulaire* (¹); la propriété b si, pour toute chaîne *maximale* $\{x_i\}$ joignant $x \cap y$ et x, la chaîne $\{x_i \cup y\}$ est *maximale;* la propriété c si, pour toute chaîne *maximale sans répétition* $\{x_i\}$, la chaîne $\{x_i \cup y\}$ est *maximale sans répétition;* la propriété l si, pour toute chaîne *maximale* $\{x_i\}$ obtenue sous la forme $x_i = y_i \cap x$ à partir d'une chaîne $\{y_i\}$, entre y et $x \cup y$, la chaîne $\{y_i\}$ est *nécessairement maximale;* la propriété m si, dans les mêmes conditions, la chaîne $\{y_i\}$ *peut être choisie maximale;* la propriété f si, pour toute chaîne *maximale* $\{(x_i, y_i)\}$ dans le produit cardinal $[x \cap y, x] \times [, [x \cap y, y]$, la chaîne $\{x_i \cup y_i\}$ est *maximale;* la propriété i si, pour toute chaîne *maximale* $\{(x_i, y_i)\}$ obtenue sous la forme $x_i = z_i \cap x$, $y_i = z_i \cap y$ à partir d'une chaîne $\{z_i\}$ entre $x \cap y$ et $x \cup y$, la chaîne $\{z_i\}$ est *nécessairement maximale;* la propriété j si, dans les mêmes conditions, la chaîne $\{z_i\}$ *peut être choisie maximale;* la propriété r si, pour toute chaîne *maximale* $\{z_i\}$ obtenue sous la forme $z_i = x_i \cap y_i$ à partir d'une chaîne $\{(x_i, y_i)\}$ du treillis $[x, x \cup y] \times [y, x \cup y]$, la chaîne $(x_i, y_i)\}$ est *nécessairement maximale;* la propriété s si, dans les mêmes conditions, la chaîne $\{(x_i, y_i)\}$ *peut être choisie maximale.* Je dis qu'un treillis vérifie la propriété (A) (par exemple) si la propriété a a lieu pour tout couple (x, y); la propriété (α) (par exemple) si la propriété a est symétrique.

(*) Séance du 26 juin 1950.

(¹) G. BIRKHOFF, *Lattice Theory*, p. 100. Il est facile de voir que la propriété a peut s'exprimer aussi sous l'une des formes suivantes : si une chaîne $\{x_i\}$ entre $x \cap y$ et x est *sans répétition*, la chaîne $\{x_i \cup y\}$ est *sans répétition*; l'application $x' \to x' \cup y$ du sous-treillis convexe $[x \cap y, x]$ des éléments x' tels que $x \cap y \leqq x' \leqq x$ dans le sous-treillis convexe $[y, x \cup y]$ est *biunivoque*; l'application $y' \to y' \cap x$ du second de ces sous-treillis dans le premier est *une application sur*; toute chaîne maximale $\{x_i\}$ entre $x \cap y$ et x peut être obtenue sous la forme $x_i = y_i \cap x$ à partir d'une chaîne $\{y_i\}$ entre y et $x \cup y$.

1. *Dans un treillis de longueur finie, la semi-modularité est équivalente à l'une ou l'autre des propriétés* [2] :

(1) x et y couvrent $x \cap y \Rightarrow x \cup y$ couvre x et y.

(2) x couvre $x \cap y \Rightarrow x \cup y$ couvre y.

(α), (B), (β), (γ), (L), (M), (F), (I), (J), (R), (S).

2. *Dans un treillis quelconque, on a :* (R)$\Rightarrow$(S)$\Rightarrow$(M); (L)$\Rightarrow$(α)$\Rightarrow$(2)$\Rightarrow$(1); (R)$\Rightarrow$(L)$\Rightarrow$(γ); (L)$\Rightarrow$(M)$\Rightarrow$(2); (F)$\Rightarrow$(B)$\Rightarrow$(M); (B)$\Rightarrow$(β). *Il n'y a pas d'implication binaire autre que celles-là et leurs conséquences logiques* [3].

La plupart de ces implications sont presque évidentes. Pour établir (L)$\Rightarrow$(α), on peut montrer que, si (x, y) vérifie a (il suffit d'utiliser ceci sous la forme restreinte) : il existe une chaîne $\{y_\iota\}$ entre y et $x \cup y$ telle que la chaîne $\{y_\iota \cap x\}$ soit maximale) et si (y, x) ne vérifie pas a (il existe alors un élément z entre $x \cap y$ et y qui ne s'écrit pas sous la forme $z = t \cap y$ avec t entre x et $x \cup y$), (L) est en défaut (le couple (x, z) ne vérifie pas l). Pour établir (L)$\Rightarrow$(γ), on montre, qu'en présence de (L), si un couple (x, y) vérifie a, il vérifie aussi b; on achève la démonstration en remarquant qu'en toute généralité, pour un couple (x, y), on a : $c \Leftarrow a$ et b. Pour établir (B)$\Rightarrow$(M), on montre qu'un couple (x, y) vérifie m dès qu'il vérifie b; ceci repose sur la remarque suivante : toute chaîne $\{x_\iota\}$ obtenue sous la forme $x_\iota = y_\iota \cap x$ à partir d'une chaîne $\{y_\iota\}$ entre y et $x \cup y$ peut être obtenue à partir de la chaîne telle que $y_\iota = x_\iota \cup y$.

3. *Dans un treillis vérifiant la condition de chaîne ascendante, on a, outre les implications binaires ayant lieu dans un treillis quelconque :* (M)$\Rightarrow$(L), (S)$\Rightarrow$(R), (β)$\Rightarrow$(γ)$\Rightarrow$(2) [4].

La démonstration du fait que (M)$\Rightarrow$(L) repose sur le lemme suivant : en présence de la condition (M), si une chaîne maximale $\{x_\iota\}$ entre $x \cap y$ et x peut être obtenue sous la forme $x_\iota = y_\iota \cap x$, à partir d'une chaîne $\{y_\iota\}$ entre y et $x \cup y$, la chaîne $\{y_\iota\}$ est unique. La démonstration du fait que (S)$\Rightarrow$(R) repose sur le lemme analogue. Pour établir (β)$\Rightarrow$(γ), on suppose qu'il existe un couple (x, y) vérifiant c alors que le couple (y, x) ne le vérifie pas; supposant (β) vrai, on voit qu'il existe nécessairement une chaîne *maximale sans répétition* $\{y_\iota\}$ entre $x \cap y$ et y, telle que la chaîne $\{y_\iota \cup x\}$ soit *maximale avec répétition*; il existe donc deux éléments a et b $(a < b)$ de la chaîne $\{y_\iota\}$ tel que $a \cup x = b \cup x$; on

---

[2] Les propriétés (1), (2), (α), (F) sont respectivement les propriétés (ξ'), (2), (α), (γ) de Birkhoff, *loc. cit.*, p. 100 et 101. Les propriétés (I) et (J) ne sont pas étudiées ici. Il est d'ailleurs facile de voir que l'on a pour un treillis quelconque : (I)$\Rightarrow$(J)$\Rightarrow$(2), (I)$\Rightarrow$(L) et (F)$\Rightarrow$(J). De plus, avec la condition de chaîne descendante, on a : (J)$\Leftarrow$(2). Pour établir que les propriétés du paragraphe 1 caractérisent les treillis semi-modulaires de longueur finie, il suffit, d'après les paragraphes 2 et 3 et le fait que l'on a : (I)$\Rightarrow$(J)$\Rightarrow$(2), de montrer qu'un treillis semi-modulaire de longueur finie vérifie (R) et (I); cela résulte sans peine des propriétés de la fonction dimension.

[3] Les démonstrations détaillées de toutes ces implications paraîtront dans un autre recueil ainsi que les contre-exemples qui sont tous des treillis complets. (α)$\Rightarrow$(2)$\Rightarrow$(1) est l'objet de l'exercice 2 (BIRKHOFF, *loc. cit.*, p. 101).

[4] Je pense qu'on a également : (L)$\Rightarrow$(R), mais je n'ai pu l'établir. Des contre-exemples (treillis complets) montrent qu'il n'y a pas d'autres implications binaires supplémentaires que celles-là et leurs conséquences.

montre alors que le couple (a, x) vérifie b et que le couple (x, a) ne le vérifie pas, d'où la contradiction. Pour établir $(\gamma) \Rightarrow (2)$, on remarque simplement que, si (2) est en défaut, il existe x et y tel que x couvre $x \cap y$ et que $x \cup y$ ne couvre pas y; on choisit z tel que $x \cup y > z > y$ et $x \cup y$ couvre z; alors, (x, z) vérifie c et (z, x) ne le vérifie pas.

4. *Dans un treillis vérifiant la condition de chaîne descendante, on a, outre les implications binaires ayant lieu dans un treillis quelconque :* $(2) \Rightarrow (F)$, $(\alpha) \Rightarrow (\gamma)$ (5).

Pour établir $(2) \Rightarrow (F)$, on peut utiliser le fait qu'un treillis avec une condition de chaîne est conditionnellement complet; en supposant alors qu'il existe une chaîne $\{(x_\iota, y_\iota)\}$ maximale entre $(x \cap y, x \cap y)$ et (x, y) dans le produit $[x \cap y, x] \times [x \cap y, y]$ telle que $\{x_\iota \cup y_\iota\}$ soit une chaîne non maximale, on peut intercaler un élément u dans cette dernière chaîne; on définit x' par $\bigcup_{\iota'} x_{\iota'}$, les indices ι' étant ceux des ι tels que l'on ait : $x_{\iota'} \cup y_{\iota'} < u$, et de même y'; (x', y') appartient à la chaîne $\{(x_\iota, y_\iota)\}$, car celle-ci est maximale; la considération de son successeur dans cette chaîne montre aisément que (2) est en défaut. On établit facilement $(\alpha) \Rightarrow (\gamma)$ en remarquant d'abord que l'on-a : $(2) \Leftrightarrow (F) \Leftrightarrow (B)$, d'où $(\alpha) \Rightarrow (2) \Rightarrow (B) \Rightarrow (\beta)$.

5. On voit, en particulier, que, dans un treillis quelconque, même complet, les conditions (α) et (F) sont indépendantes. Avec la condition de chaîne ascendante, on a : $(F) \Rightarrow (\alpha)$; avec la condition de chaîne descendante, on a : $(\alpha) \Rightarrow (F)$ (6).

ALGÈBRE. — *Sur les groupes imprimitifs.* Note de Mlle **Sophie Piccard**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit p_1 un entier ≥ 4, soit $E^1 = \{1, 2, \ldots, p_1\}$ et soit G_1 un groupe imprimitif de degré p_1 dont les substitutions permutent les éléments de l'ensemble E^1. Considérons un ensemble déterminé $M_1 = \{E_1^1, E_2^1, \ldots, E_p^1\}$ de systèmes d'imprimitivité de G, soit $E^2 = 1, 2, \ldots, p_2$ et soit G_2 le groupe composé de toutes les substitutions $(1, 2, \ldots, p_2 / i_1, i_2, \ldots, i_{p_2})$ des éléments de l'ensemble E^2 auxquelles correspond au moins une substitution de G_1 qui transforme E_j^1 en $E_{i_j}^1$, quel que soit $j = 1, 2, \ldots, p_2$. Nous dirons que G_2 est le premier groupe associé à G_1, relatif à l'ensemble des systèmes d'imprimitivité M_1. Si le groupe G_2 est à son tour imprimitif, considérons un ensemble déterminé $M_2 = \{E_1^2, E_2^2, \ldots, E_{p_3}^2\}$ de systèmes d'imprimitivité de G_2 et soit G_3 le premier groupe associé à G_2, relatif à l'ensemble de systèmes d'imprimitivité M_2. Nous dirons que G_3 est le deuxième groupe associé à G_1, relatif aux ensembles de systèmes d'imprimitivité M_1 et M_2. Et ainsi de suite. On détermine ainsi un nombre $m \geq 2$ de groupes $G_1, G_2, \ldots, G_m$ dont le

(5) Il est possible qu'on ait aussi : $(\alpha) \Rightarrow (L)$. Question ouverte.
(6) Birkhoff, *loc. cit.*, p. 102, (problème 44).

dernier seul est primitif, le groupe G_i étant, par définition, le premier groupe associé au groupe G_{i-1}, relatif à un ensemble déterminé $M_{i-1}=\{E_1^{i-1}, E_2^{i-1}, \ldots, E_{p_i}^{i-1}\}$ de systèmes d'imprimitivité de G_{i-1}, les substitutions de G_i permutant les éléments de l'ensemble $E^i=\{1, 2, \ldots, p_i\}$, $(i=2, 3, \ldots, m)$. G_i est appelé le $(i-1)^{\text{ième}}$ groupe associé à G_1, relatif aux ensembles $M_1, \ldots, M_{i-1}$. Nous dirons que la suite (1) $G_1, G_2, \ldots, G_m$ est une suite complète associée au groupe G_1, relative aux ensembles $M_1, M_2, \ldots, M_{m-1}$ de systèmes d'imprimitivité. Nous dirons que m est la longueur de cette suite. Soit m_1 la longueur minimum et soit m_2 la longueur maximum d'une suite complète associée à G_1. D'après un théorème de Jordan, $m_1=2$. Le nombre m_2 ainsi que le nombre total de suites complètes distinctes que l'on peut associer à G_1 sont des invariants de ce groupe. Le groupe G_1 est, comme on sait, p_i/p_{i+1} fois isomorphe au groupe G_{i+1}. Il s'ensuit que, quels que soient les indices i et j $(1\leqq i\leqq j<m)$, le groupe G_i est p_i/p_j fois isomorphe au groupe G_j. Soit $S^{(1)}$ une substitution quelconque du groupe G_1 et soit $S^{(i)}$ la substitution du groupe G_i qui correspond à $S^{(1)}$ dans l'isomorphisme de G_1 à $G_i(i=1, 2, \ldots, m)$. Nous dirons que la suite (2) $S^{(1)}, S^{(2)}, \ldots, S^{(m)}$ est la suite complète associée à la substitution $S^{(1)}$, relative à la suite (1) associée au groupe G_1. Soient t et $i_1, i_2, \ldots, i_t$ des entiers, tels que $1\leqq t\leqq m$, $1\leqq i_1<i_2<\ldots<i_t\leqq m$. Nous dirons que la substitution $S^{(1)}$ de G_1 est de classe $C_1^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$ si le nombre total ν de substitutions impaires dans la suite (3) $S^{(i_1)}, S^{(i_2)}, \ldots, S^{(i_t)}$ extraite de (2) est pair et nous dirons que la substitution $S^{(1)}$ fait partie de la classe $C_2^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$, si le nombre ν est impair. On définit ainsi $2(2^m-1)$ classes de substitutions du groupe G_1. Nous dirons qu'une classe $C_i^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$ est paire, si $i=1$, et qu'elle est impaire si $i=2$. Une classe impaire peut être vide, mais non une classe paire qui contient en tout cas la substitution identique 1 de G_1. Deux classes de substitutions telles que $C_1^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$ et $C_2^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$ seront dites complémentaires. Ensemble, elles comprennent toutes les substitutions du groupe G_1.

Quelles que soient les deux classes complémentaires $C_1^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$ et $C_2^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$ du groupe G_1 et quelles que soient les substitutions $S^{(1)}$ et $T^{(1)}$ de G_1, si ces deux substitutions font partie de l'une des deux classes complémentaires considérées, leur produit fait partie de la classe $C_1^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$; ce produit fait, au contraire, partie de la classe $C_2^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$, si une des deux substitutions $S^{(1)}$, $T^{(1)}$ et une seule appartient à chacune des deux classes considérées. Il s'ensuit que si le groupe G_1 contient au moins une substitution de la classe $C_2^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$, la moitié des substitutions de G_1 font partie de cette classe, l'autre moitié appartient à la classe complémentaire et les substitutions de la classe $C_1^{i_1, i_2, \ldots, i_t}$ de G_1 forment un sous-groupe distingué de G_1. Nous dirons qu'un groupe imprimitif G_1 est complet par rapport à sa suite associée (1) si les 2^m-1 classes impaires de G_1 sont distinctes et si aucune de ses classes n'est vide. Un tel groupe possède *au moins* 2^{m-1} sous-groupes distingués distincts, dont chacun comprend la moitié

des substitutions de G. Quel que soit l'entier $m \geqq 2$, il existe un groupe imprimitif G_1 auquel on peut associer une suite complète de longueur m et qui est complet par rapport à cette suite. Un tel groupe ne saurait être engendré par moins de m éléments générateurs. Soit m un entier $\geqq 2$, soit

$$S_1^{(1)} = (1,\ 1 + 2^{i-1},\ 1 + 2.2^{i-1},\ \ldots,\ 1 + (2^{m-i+1} - 1)2^{i-1}) \qquad (i = 1, 2, \ldots, m)$$

et soit G_1 le groupe imprimitif engendré par les substitutions $S_1^{(1)}, S_{(2)}^1, \ldots, S_m^{(1)}$. Associons au groupe G_1 la suite complète (1) $G_1, G_2, \ldots, G_m$ de longueur m relative aux ensembles de systèmes d'imprimitivité M_i, $i = 1, 2, \ldots, m-1$, où $M_i = \{E_1^i, E_2^i, \ldots, E_{2^{m-i}}^i\}$ et $E_j^i = \{j, j + 2^{m-i}\}(j = 1, 2, \ldots, 2^{m-1}, i = 1, 2, \ldots, m-1)$. Le groupe G_1 est complet par rapport à la suite (1), il est à base d'ordre m, il est lui-même d'ordre 2^{2^m-1} et il possède $2^m - 1$ sous-groupes distingués différents, d'ordre 2^{2^m-2} chacun.

Si un groupe imprimitif G_1 possède une suite complète associée de longueur m, quel que soit l'entier positif $k < m$ et quelles que soient les k substitutions $T_1, T_2, \ldots, T_k$ de G_1, il existe une classe paire $C_1^{i_1, i_2, \ldots, i_k}$ de substitutions de G_1 dont font partie les k substitutions T_i $(i = 1, 2, \ldots, k)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème de fermeture.* Note de M. **Szolem Mandelbrojt**, présentée par M. Paul Montel.

On désignera par L la classe des fonctions mesurables sur $(-\infty, \infty)$ telles que $\|f\| = \int_{-\infty}^{\infty} |f(x)|\,dx < \infty$. Si $f \in L$, on désignera par $\pi(f)$ le sous-ensemble de L dont les éléments φ jouissent de la propriété suivante : quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un entier N et des constantes $a_1, a_2, \ldots, a_N, \xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_N$, tels que

$$(1) \qquad \left\| \varphi(x) - \sum_1^N a_n f(x + \xi_n) \right\| < \varepsilon.$$

Autrement dit, $\pi(f)$ est, dans la topologie de L, l'ensemble des points-limites des combinaisons linéaires des translatées de f.

Soit maintenant f une fonction indéfiniment dérivable sur $(-\infty, \infty)$, telle que $f^{(n)}(x) \in L (n \geqq 0)$. On désignera par $\omega(f)$ le sous-ensemble de L dont les éléments φ jouissent de la propriété suivante : quel que soit $\varepsilon > 0$, il existe un entier N et des constantes $b_1, b_2, \ldots, b_N$ tels que

$$(2) \qquad \left\| \varphi(x) - \sum_1^N b_n f^{(n)}(x) \right\| < \varepsilon.$$

Soit $\{M_n\}$ une suite de nombres positifs. On désignera par $L\{M_n\}$ l'ensemble de toutes les fonctions f, indéfiniment dérivables sur $(-\infty, \infty)$, pour les-

quelles $\|f^{(n)}\| < M_n (n \geqq 0)$. On vérifie assez facilement le fait suivant. *Si f est une fonction indéfiniment dérivable sur $(-\infty, \infty)$, avec $f^{(n)} \in L (n \geqq 0)$, alors $\omega(f) \subset \pi(f)$.*

On a donc aussi $\omega(f') \subset \pi(f')$ (f' est la dérivée de f).

Mais, en général, on n'a pas $\pi(f') \subset \omega(f)$. On peut cependant démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Soit $\{M_n\}$ une suite de nombres positifs. Une condition nécessaire et suffisante pour que l'on ait pour chaque fonction f de $L\{M_n\}$ la relation*

$$\omega(f') \equiv \pi(f'),$$

est que la classe $L\{M_n\}$ soit quasi analytique, c'est-à-dire que l'une des deux conditions suivantes soit satisfaite :

1° $\underline{\lim}\, M_n^{1/n} < \infty$.

2° $\overline{\lim}\, M_n^{1/n} = \infty$, *avec*

$$\sum \frac{M_n^c}{M_{n+1}^c} = \infty,$$

où $\{\log M_n^c\}$ est la régularisée convexe de $\{\log M_n\}$.

En particulier, si $L\{M_n\}$ est quasi analytique, quelle que soit f de $L\{M_n\}$ et quelle que soit la constante fixe a, à tout $\varepsilon > 0$ correspondent un entier N et des constantes $b_2, b_3, \ldots, b_N$ tels que

$$\left\| f'(x+a) - \sum_{2}^{N} b_n f^{(n)}(x) \right\| < \varepsilon. \tag{3}$$

Il est en effet évident que $f'(x+a) \in \pi(f')$. On voit d'ailleurs qu'il suffit de démontrer ce dernier fait (3) pour qu'il en résulte immédiatement que $\pi(f') \subset \omega(f')$ si $L\{M_n\}$ est quasi analytique. Or, pour démontrer cette inclusion, il suffit de remarquer que le système d'équations

$$\left\{ \begin{array}{l} \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} f'(x+a)\, h(x)\, dx = 1, \\ \displaystyle\int_{-\infty}^{\infty} f^{(n)}(x)\, h(x)\, dx = 0 \qquad (n \geqq 2), \end{array} \right. \tag{4}$$

ne peut admettre une solution bornée presque partout $h(x)$, car, en posant

$$A(u) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x+u)\, h(x)\, dx.$$

On voit que $A(u)$ est une fonction indéfiniment dérivable sur $(-\infty, \infty)$ avec $|A^{(n)}(u)| < CM_n (n \geqq 0)$, et, si (4) avait lieu, on aurait $A'(a) = 1$, $A^{(n)}(0) = 0 (n \geqq 2)$, ce qui prouverait que $A'(x) \equiv 1$, ce qui est impossible car $|A(x)| < CM_0$. Il suffit alors d'appliquer un théorème classique de F. Riesz pour voir que (3) a lieu.

La réciproque se démontre d'une manière assez analogue en choisissant convenablement la fonction f.

Si $\{\nu_n\}$ est une suite d'entiers croissants, avec $\nu_1 \geqq 2$, on peut indiquer une condition portant sur les ν_n et les M_n pour que, si $f \in L\{M_n\}$, à tout $\varepsilon > 0$ correspondent un entier N et des quantités $b_1, b_2, \ldots, b_n$ tels que

$$\left\| f'(x+a) - \sum_1^N b_n f^{(\nu_n)}(x) \right\| < \varepsilon.$$

Ce fait résulte de considérations plus profondes liées aux théorèmes sur la quasi-analyticité généralisée, théorèmes que j'ai établis dans des travaux récents.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur des résultats de M. S. Mandelbrojt.* Note de M. **Ferran Sunyer i Balaguer**, présentée par M. Paul Montel.

Dans cette Note nous verrons que, des hypothèses du théorème fondamental de M. Mandelbrojt [1], on peut déduire, outre l'inégalité qu'en tire son auteur, d'autres conclusions intéressantes. D'ailleurs, nous donnerons aux hypothèses une forme un peu plus générale. De plus, lorsque nous emploierons une notation sans la définir, sa définition sera celle de M. Mandelbrojt [1].

1. Soit $\{d_k^{(m)}\}$ une suite double telle que $d_k^{(m)} = 0$ pour $k > m$ et soit

$$\varphi_m(s) = \sum_{k=1}^{m} d_k^{(m)} e^{-\lambda_k s}$$

la suite des polynômes de Dirichlet correspondants, si pour $s \in \Delta$,

$$\underset{m \geq n}{\text{borne}}\ \overline{\underset{\sigma \geq x}{\text{borne}}}\ |F(s) - \varphi_m(s)| \leqq e^{-p_n(\sigma)}$$

nous dirons que *les* $\varphi_m(s)$, *avec* $m \geqq n$, *représentent* $F(s)$ *dans* Δ *avec la précision logarithmique* $p_n(\sigma)$. Avec cette définition on a

Théorème I. — *Mêmes hypothèses* I *et* II *que dans la forme* B *du théorème* F *de S. Mandelbrojt* [1], *avec, en outre :*

Hypothèse III. — *Pour un entier n déterminé,* $d_n^{(m)}$ *est indépendant de m pour* $m \geqq n$ *et les polynômes* $\varphi_m(s)$, *avec* $m \geqq n$, *représentent* $F(s)$ *dans* Δ *avec une précision logarithmique* $p_n(\sigma)$ *telle qu'il existe une fonction continue décroissante* $h(\sigma)$, *avec* $\lim h(\sigma) = \overline{D}^*$, *et une fonction croissante* $C(\sigma)$ *telles que*

$$(1)\qquad \begin{cases} \log \mathfrak{C}_n[\pi h(\sigma)] - p_n(\sigma) < -C(\sigma), \\ \displaystyle\int^{\infty} c(\sigma) \exp\left(-\frac{1}{2}\int^{\sigma} \frac{du}{g(u) - h(u)}\right) d\sigma = \infty. \end{cases}$$

[1] *Ann. Éc. Norm. Sup.*, (3), 63, 1946, p. 351-378.

CONCLUSION. — *En posant* $d_n = d_n^{(m)}$ *(puisque par hypothèse* $d_n^{(m)}$ *est indépendante de* m*), on a :*

α. *l'inégalité fondamentale de Mandelbrojt est encore valalable.*

β. *à l'intérieur de* $\overline{\Delta}$(²) *la fonction* $F(s)$ *est la limite d'une suite uniformément convergente de polynômes* $\left\{ \psi_m(s) = \sum_{k=1}^{m} a_k^{(m)} e^{-\lambda_k s} \right\}$ *qui vérifient*

$$|\psi_m(s_0)| \leq \pi R \mathfrak{L}_n(\pi R) \mathfrak{M}(s_0, R).$$

γ. $a_n^{(m)} = C_n^{(m)} d_n$ *avec* $\lim_{m=\infty} C_n^{(m)} = 1$.

La démonstration de la partie α de la conclusion est la même que celle de M. Mandelbrojt, mais, pour la démonstration des parties β et γ, on doit ajouter des raisonnements presque identiques à ceux utilisés par Brunk (³) et par Leont'ev (⁴) dans des questions semblables. On peut aussi démontrer :

THÉORÈME II. — *Mêmes hypothèses* I *et* II *que dans la forme* B *du théorème de Mandelbrojt* (¹) *et en outre :*

HYPOTHÈSE III. — *Les polynômes* $\varphi_m(s)$, *avec* $m \geq 1$, *représentent* $F(s)$ *dans* Δ *avec une précision logarithmique* $p(\sigma)$ *telle qu'il existe une fonction continue décroissante* $h(\sigma)$, *avec* $\lim h(\sigma) = \overline{D}^*$, *et une fonction croissante* $C(\sigma)$ *telles que les conditions* (1) *soient vérifiées lorsque* $p_n(\sigma)$ *est remplacée par* $p(\sigma)$ *et* $\mathfrak{L}_n(u)$ *par* $\mathfrak{L}(u) = \int_0^\infty e^{-ur} \Lambda(r)\, dr$.

CONCLUSION. — *La partie* β *de la conclusion du théorème* I *subsiste si l'on y remplace* $\mathfrak{L}_n(u)$ *par* $\mathfrak{L}(u)$.

A vrai dire, ce théorème est un cas particulier du théorème I, car en supposant l'existence d'un nouvel exposant λ_0 tel que $0 < \lambda_0 < \lambda_1$ et en supposant que $d_0^{(m)} = 0$ pour toute valeur de m, si l'on applique le théorème I pour $n = 0$, on obtient le théorème II.

2. Une des conséquences de β du théorème I est que la conclusion du théorème b de Mandelbrojt (¹) subsiste encore si l'on suppose que l'hypothèse III du théorème fondamental est vérifiée seulement pour une valeur de n, au lieu d'être vérifiée pour toutes les valeurs de n. En généralisant ce résultat dans la direction que nous avons suivie dans le cas du théorème fondamental, on peut énoncer le

THÉORÈME III. — *Supposons que l'hypothèse* I *et l'hypothèse* III *du théorème* I

(²) La notation $\overline{\Delta}$ ne représente pas la fermeture de Δ; comme toujours je renvoie pour la définition de $\overline{\Delta}$ au mémoire de M. Mandelbrojt (¹).

(³) *Bull. Am. Math. Soc.*, 55, 1949, p. 204-212.

(⁴) *Uspehi Mat. Nauk.* (*N. S.*), 3, nº 4, 26, 1948, p. 176-180, et *Izvestiya Akad. Nauk. S. S. S. R. Ser. Mat.*, 13, 1949, p. 221-230. De ces Mémoires, je ne connais que les analyses du *Mathematical Reviews*, 10, 1949, p. 364 et p. 695.

(*ou du théorème* II) *soient satisfaites et supposons que* $F(s)$ *soit une fonction holomorphe dans* Δ, *pouvant être prolongée jusqu'à chaque cercle* $C(s_i, \pi R)$ *avec* $R > \overline{D}$, *à travers un canal plus large que* $2\pi D$, *la suite* $\{s_i\}$ *étant telle que* $\lim \mathfrak{R}(s_i) = -\infty$ *et supposons que, dans tous ces cercles,* $|F(s)| < \mathfrak{M}$. *Dans ces conditions,* $F(s) \equiv 0$.

3. Avec quelques conventions dans la définition de la précision logarithmique, on peut remplacer les polynômes $\varphi_m(s)$ par des fonctions $f_m(s) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k^{(m)} e^{-\lambda_k s}$, où ces séries de Dirichlet possèdent une abscisse de convergence $\sigma_m < \infty$ (peut-être variable avec m); mais en réalité cette substitution ne donne pas une vraie généralisation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Transformation de Laplace et formules sommatoires*. Note de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

De nombreuses recherches récentes ([1]) ont été consacrées à l'étude de formules sommatoires de type $\sum_0^\infty a(n)f(n) = \sum_0^\infty b(n)g(n)$ où les fonctions $f(x)$ et $g(x)$ sont des transformées par rapport à un noyau de Fourier. Il est facile d'en construire un grand nombre à partir de la transformation de Laplace.

Soit $A(x) = \sum_0^{[x]}{}' a(n)$; l'accent indiquant que si x est entier $a(x)$ est pris pour moitié de sa valeur, on a alors

$$\int_0^\infty e^{-tx} A(x)\, dx = \frac{1}{t} \sum_0^\infty a(n) e^{-nt}.$$

Si nous connaissons un autre développement $\Sigma a(n)e^{-nt} = \Sigma b(n)\psi(t, n)$ et si l'équation intégrale singulière

$$\int_0^\infty e^{-tx} H_1(x, n)\, dx = \frac{1}{t}\psi(t, n)$$

a une solution, nous pouvons en déduire

$$A(x) = \Sigma b(n) H_1(x, n).$$

Or

$$\sum_0^\infty a(n) f(n) = \int_0^\infty f(x)\, d A(x) = \sum_0^\infty b(n) \int_0^\infty f(x)\, d H_1(x, n),$$

([1]) A. P. Guinand, *Quaterly journal of Math.*, **9**, 1938, p. 53-67; **10**, 1939, p. 104-118; *Ann. of Math.*, **42**, 1941, p. 591-603; W. L. Ferrar, *Composit. Math.*, **4**, 1937, p. 394-405.

d'où finalement,

$$\sum_0^\infty a(n)f(n)=\sum b(n)g(n)$$

avec

$$g(n)=\int_0^\infty f(x)\,\mathrm{H}(x,n)\,dx \quad \text{et} \quad \frac{d}{dx}\mathrm{H}_1(x,n)=\mathrm{H}(x,n).$$

Ainsi de

$$\frac{1}{2}+\sum_1^\infty e^{-nt}=\frac{1}{t}+2\sum_0^\infty\frac{t}{t^2+4\pi^2n^2} \quad \text{et de} \quad \int_0^\infty e^{-tx}\sin 2\pi nx\frac{dx}{2\pi n}=\frac{1}{t^2+4\pi^2n^2},$$

on déduit la formule de Poisson,

$$\frac{1}{2}f(0)+\sum_1^\infty f(n)=\int_0^\infty f(x)\,dx+2\sum_1^\infty\int_0^\infty f(x)\cos 2\pi nx\,dx.$$

Soient maintenant $r(n)$ le nombre de représentations de n comme somme de deux carrés, K et iK' les deux demi-périodes de la fonction elliptique jacobienne $sn(x)$, k et k' les modules correspondants et $p=\pi(\mathrm{K}'/\mathrm{K})$, $p'=\pi(\mathrm{K}/\mathrm{K}')$, $r(0)=1$, on a alors

$$\frac{2\mathrm{K}}{\pi}=\sum_0^\infty r(n)\,e^{-np}=\frac{\pi}{p}\sum_0^\infty r(n)\,e^{-np'},$$

mais $\int_0^\infty e^{-tx}\mathrm{J}_1(2\sqrt{x})\sqrt{x}\,dx=t^{-2}e^{-\frac{1}{t}}$, donc

$$\sum_1^{[x]}r(n)=\pi x+\sqrt{x}\sum_1^\infty\frac{r(n)}{\sqrt{n}}\mathrm{J}_1(r\pi\sqrt{xn})$$

(cette formule est due à Hardy) et nous en déduisons

$$\sum_0^\infty r(n)f(n)=\pi\int_0^\infty f(x)\,dx+\pi\sum_1^\infty r(n)\int_0^\infty f(x)\,\mathrm{J}_0(2\pi\sqrt{nx})\,dx,$$

la formule sommatoire de Landau-Voronoï.

De même

$$4\sqrt{kk'}\frac{\mathrm{K}}{\pi}=\sum_0^\infty(-)^n r(4n+1)\,e^{-\frac{4n+1}{4}p}$$

et par la même méthode, nous en conclurons

$$\sum_0^\infty(-)^n r(4n+1)f(4n+1)=\frac{1}{4}\sum_0^\infty(-)^n r(4n+1)\,g\left(\frac{4n+1}{16}\right)$$

avec

$$g(n) = \pi \int_0^\infty f(x)\, J_0(2\pi\sqrt{nx})\, dx,$$

cette formule semble inédite. M. A.-P. Guinand m'a d'ailleurs fait observer qu'elle peut s'écrire symétriquement

$$\sum_0^\infty (-)^n r(4n+1) f\left(\frac{4n+1}{4}\right) = \sum (-)^n r(4n+1) g\left(\frac{4n+1}{4}\right).$$

ANALYSE GÉNÉRALE. — *Sur une représentation canonique de certaines fonctionnelles croissantes.* Note de M. **André Revuz**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La Note ci-dessous énonce une condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonctionnelle, non décroissante et continue à droite, définie sur certains espaces métriques ordonnés soit la valeur pour les ensembles $E[y; y < x]$ d'une mesure de Radon positive.

Les fonctionnelles étudiées sont définies sur certains sous-espaces X de l'espace $\mathfrak{X}$ des applications continues d'un espace compact $\mathfrak{T}$ dans un espace métrique ordonné $\mathcal{E}$. Nous allons d'abord préciser les propriétés des espaces $\mathcal{E}$, $\mathfrak{X}$, X.

I. $\mathcal{E}$ est un espace métrique, pourvu d'une structure d'ordre telle que les ensembles

$$E[\eta; \eta < \xi], \quad E[\eta; \eta > \xi]$$

soient fermés [nous posons $\xi < \xi$; les ensembles précédents contiennent donc ξ].

Nous écrirons

$$\eta \ll \xi \text{ pour exprimer } \eta \in \mathring{E}[\eta; \eta < \xi],$$
$$\eta \gg \xi \quad \text{»} \quad \eta \in \mathring{E}[\eta; \eta > \xi].$$

Nous supposons que tout segment $E[\xi; \xi_1 < \xi < \xi_2]$ a un diamètre fini, et que tout segment, intervalle $E[\xi; \xi_1 \ll \xi \ll \xi_2]$, semi-segment $E[\xi; \xi_1 \ll \xi < \xi_2]$ et toute intersection d'un nombre fini de tels ensembles est décomposable en au plus $\aleph_0$ semi-segments disjoints de diamètre inférieur à un nombre positif donné.

II. $\mathfrak{X}$ est l'espace des applications continues $\xi = x(t)$ d'un espace compact $\mathfrak{T}$ dans $\mathcal{E}$.

La métrique et l'ordre de $\mathcal{E}$ permettent de définir pour $\mathfrak{X}$ une métrique en posant

$$d\mathfrak{X}(x, y) = \max_{t \in \mathfrak{T}} d_{\mathcal{E}}(x(t), y(t))$$

et un ordre, en posant

$$y < x \quad \text{si} \quad y(t) < x(t) \quad (t \in \mathfrak{T});$$

on voit alors que les ensembles

$$E[y; y < x], \quad E[y; y > x]$$

sont fermés et que leurs intérieurs sont

$$E[y; y \ll x], \quad E[y; y \gg x]$$

si

$$y \ll x \quad \text{signifie} \quad y(t) \ll x(t) \quad (t \in \mathcal{T}),$$
$$y \gg x \quad \text{»} \quad y(t) \gg x(t) \quad (t \in \mathcal{T}).$$

III. X est un sous-espace de $\mathcal{X}$ possédant les propriétés suivantes :

1° il est compact à distance finie;

2° les ensembles,

$$E[y;\ x \in X,\ y \in X,\ y \text{ non} \gg x,\ y \text{ non} \ll x]$$

sont compacts.

3° X est réticulé, c'est-à-dire, contient $\inf(x, y)$ et $\sup(x, y)$ chaque fois qu'il contient x et y.

4° Les hypothèses III, 2 et 3, assurent l'existence d'un plus grand, $\overline{x}(\xi_0)$, et d'un plus petit élément, $\underline{x}(\xi_0)$, vérifiant $x(t_0) = \xi_0$.

Nous supposons que si $\xi'_0 \ll \xi_0$, on a

$$\overline{x}(\xi'_0) \ll \overline{x}(\xi_0), \quad \underline{x}(\xi'_0) \ll \underline{x}(\xi_0).$$

5° Pout tout $x \in X$ (sauf si x est l'éventuel plus grand ou plus petit élément de X), on peut trouver quel que soit $\varepsilon > 0$, des éléments y et z tels que

$$y \gg x, \quad d(x, y) < \varepsilon,$$
$$z \ll x, \quad d(x, z) < \varepsilon.$$

Remarque. — Toutes ces hypothèses sont en particulier réalisées dans le cas particulier suivant : $\mathcal{T}$ est le segment numérique $(0, 1)$, $\mathcal{E}$ est l'espace euclidien R^p ordonné par la loi : un vecteur est positif si toutes ses coordonnées le sont, X est l'espace des applications de $\mathcal{T}$ sur $\mathcal{E}$ ayant un module de continuité donné.

IV. La fonctionnelle $F(x)$ est une application de X sur R_1, que l'on suppose

1° positive;

2° non décroissante, c'est-à-dire que

$$x < y \quad \text{entraîne} \quad F(x) \leqq F(y)$$

3° continue à droite, c'est-à-dire

$$F(x) = \lim_{\mathcal{F}} F(y),$$

où $\mathcal{F}$ est le filtre ayant pour base les ensembles

$$E[y;\ z > x,\ y < z].$$

Notre but est de déterminer dans quels cas $F(x)$ *possède la propriété* (P) : *être la valeur pour l'ensemble* $E[y; y < x]$ *d'une mesure de Radon positive définie sur* X.

Pour cela nous introduisons les systèmes S comprenant $p+1$ éléments arbitraires de X, l'un noté x, et les autres $u_i (i=1, 2, \ldots, p)$ et vérifiant

$$u_i < x \quad (i=1, 2, \ldots, p).$$

et nous posons

$$\Delta(S) = F(x) - \sum_i F(u_i) + \ldots + (-1)^k \sum_{(i_1 \ldots i_k)} F[\inf u_{i_1} \ldots u_{i_k}] + \ldots + (-1)^p F[\inf u_1 \ldots u_p],$$

les sommations étant étendues aux combinaisons d'indices.

THÉORÈME. — *La condition nécessaire et suffisante pour que* $F(x)$ *possède la propriété* (P) *est* $\Delta(S) \geqq 0$ *pour les systèmes* S.

La nécessité de la condition se prouve aisément. La réciproque s'établit suivant le schéma suivant :

1° Les quantités $\Delta(S)$ sont les valeurs d'une fonction additive d'ensemble définie pour les ensembles

$$E[y; y < x, y \text{ non} < u_i (i=1, 2, \ldots, p)].$$

2° On peut prolonger cette fonction aux segments $E[y; x_1 < x < x_2]$, semi-segments $E[y; x_1 \leqslant x < x_2]$ et intervalles $E[y; x_1 \leqslant x \leqslant x_2]$.

3° On utilise la fonction d'intervalle pour construire une mesure extérieure de Carathéodory, dont on vérifie qu'elle fournit bien $F(x)$ comme valeur de la mesure de l'ensemble $E[y; y < x]$ mesurable puisque fermé.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Surfaces dont l'ensemble des points à double courbure est dense.* Note de M. **Jean Mirguet**, transmise par M. Georges Bouligand.

Vu l'importance des points à double courbure sur les orthosurfaces dont le ptg_2 est un ensemble fini, nous signalons des cas étendus pour lesquels cette double courbure est dense : simultanéité des deux signes superficiels; absence des appuis; le ptg_4 vide pour les surfaces non convexes; génération simultanée par des arcs positifs et négatifs, en des plans verticaux.

Sur les orthosurfaces [1] de la classe définie, selon M. Bouligand, par la condition d'avoir leur ptg_2 partout réduit à un nombre fini de droites [2], la disposition (dite : *appui*) concernant un point où la surface admet un plan d'appui, au moins au sens large, n'apporte rien de vraiment avantageux, bien que sa *présence partout* soit synonyme de *convexité;* par exemple, si tout point est limite d'appuis, les paratingentes de rang > 1 peuvent être, en certains

(1) G. Bouligand, *Introduction à la Géométrie infinitésinale directe*, Paris, 1932, § 82.

(2) G. Bouligand, *Bulletin de l'Académie Polonaise des Sc. et des Lettres*, Série A, 1930, p. 412.

points, aussi nombreuses que l'on veut. Une disposition plus favorable est la double courbure. Il est donc intéressant de construire des familles de cette classe, où la double courbure soit dense.

1. Soit un domaine ouvert $\mathcal{D}$ de la surface, assez restreint pour qu'une même direction Δ de droite orientée, soit partout exclue du ptg$_1$ ($\Delta =$ verticale de $\mathcal{D}$). Ce choix de Δ donne un signe à toutes les demi-tg en un même point de $\mathcal{D}$, sauf peut-être à un nombre fini d'entre elles [3]. Parmi les points où, sauf peut-être à un nombre fini d'entre elles, les demi-tg ainsi orientées auront le même signe (ce signe sera dit signe superficiel du point), on désignera par (α), les appuis, et par (γ), les non-(α) où une demi-tg orientée au moins (dite opposante) aura un signe contraire au signe du point; si M est (γ), l'intersection de la surface par chaque demi-plan tangent issu du support de l'opposante Mt contient un arc d'orthocourbe (soit : arc d'opposition) issu de M et dont Mt est l'unique demi-tg en M.

Aux points où deux infinités de demi-tg orientées auront des signes contraires, on dira que la surface est à double courbure, ou que ces points sont d'espèce (β). Un cas évident où (β) est dense est la présence, sur tout voisinage, de points dont les signes superficiels sont contraires.

2. Un autre cas donnant lieu à la même circonstance est l'absence de (α), car, jointe à l'absence de (β), elle entraînerait qu'en chaque point le ptg$_2$ soit une et une seule droite et qu'aux (γ) éventuels, les arcs d'opposition aient partout une tangente et soient convexes. En supposant que le signe superficiel constant soit négatif, quand un point M$'$ d'espèce (γ) tendrait vers un point M de même espèce, tandis que l'opposante M$'t'$ tendrait vers une opposante Mt, l'absence de (α) exigerait encore que l'arc d'opposition en M$'$, selon M$'t'$ et vers M, finisse par couper l'arc d'opposition en M, selon Mt et vers M$'$, en un point où leurs tangentes seraient distinctes et porteraient chacune deux demi-tg au moins segmentaires, sinon positives : circonstance qui n'a lieu qu'aux points (β); il y aurait donc contradiction.

3. Le paratingent quatrième fournit un autre cas de densité : contrairement à la loi ptg$_2 = 0 \rightarrow (\beta) = 0$, si, partout, le ptg$_2$ comprend au moins une droite, et que le ptg$_4$ soit vide, (β) est dense. En effet, l'absence de (β) rendrait tout point limite de (γ); sur l'intersection σ de la surface et d'un plan ϖ vertical passant par un point M d'espèce (γ), et rencontrant un arc d'opposition en M, en un point A, il existerait entre M et A un point μ d'espèce (γ) où le support de l'opposante recouperait σ au delà de M; par suite, par μ passeraient des plans verticaux ϖ', peu inclinés sur ϖ et rencontrant l'opposante Mt près de M, qui couperaient la surface suivant des σ' contenant des quintuplets alignés et ces cinq points tendraient vers M avec A. Donc le ptg$_4$ ne serait pas vide.

---

[3] J. Mirguet, *Revue Scientifique*, n° 7, 1947, p. 69.

4. Supposons encore que P soit une direction de plan vertical ne contenant nulle part de paratingentes de rang >1 de $\mathcal{D}$, et que les intersections de $\mathcal{D}$, par les plans parallèles à P, soient négativement connexes. Si ce même $\mathcal{D}$ était engendré par une famille continue d'arcs plans verticaux dont les deux demi-tg seraient partout segmentaires ou positives, (β) serait dense dans tout sous-domaine $\mathcal{D}'$ de $\mathcal{D}$ où les arcs générateurs ne seraient pas tous des segments : en effet, il est impossible que deux arcs générateurs se rencontrent sans que leur point commun soit d'espèce (β); si, sur $\mathcal{D}'$, ils sont deux à deux sans point commun, du moins l'un d'eux porterait au moins un point M d'espèce (γ) et, sur un arc d'opposition en M, il y aurait un point λ où l'arc aurait une tangente $h'\lambda h$ coupant l'opposante en M, près de M, et portant deux demi-tg segmentaires ou positives. Puisque le plan vertical de $h'\lambda h$ couperait l'arc générateur de M, $h'\lambda h$ serait distincte de la tangente à l'arc générateur de λ, et λ devrait être un point (β).

Comme corollaire, il est impossible que même un seul plan vertical R_0 coupe un $\mathcal{D}$ partout superficiellement négatif, *d'ordre borné*, suivant un arc à concavité partout positive, car, parmi les R_i verticaux parallèles à R_0 et tendant vers lui, on trouverait un R_i contenant des points alignés de la surface en nombre aussi grand qu'on voudrait.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Lois pondérées et le problème limite central.* Note (*) de M. **Michel Loève**, présentée par M. Émile Borel.

Les lois pondérées apparaissent naturellement dans le problème limite central (1).

Soit μ, avec $\mu(\Lambda)\leq 1$, une mesure sur un σ-champ défini sur Λ et soit $\{F(x, \lambda)\}_{\lambda\in\Lambda}$ une famille de fonctions de distribution (f. d.) strictes ou au sens large. La loi définie par $F_\mu(x)=\int_\Lambda F(x, \lambda)\,d\mu(\lambda)$ sera une *loi pondérée par* μ *sur* $\{F(x, \lambda)\}$. Si $\Lambda=(0, +\infty)$ et $G(\lambda)$ est une f. d., alors $F_G(x)=\int_0^\infty F(\lambda x)\,dG(\lambda)$ appartiendra au *type pondéré* (restreint) défini par $F(x)$. Les types pondérés normal, poissoniens, infiniment divisibles possèdent des propriétés intéressantes.

Considérons le problème limite central, celui de lois d'accumulation de $\{\mathcal{L}(X_{n,k})\}$, où les $X_{n,k}$, $k=1, 2, \ldots, \nu_n$ ($\nu_n\to\infty$ avec $n\to\infty$) sont asymptotiquement négligeables et peuvent être indépendantes (cas I) ou dépendantes

(*) Séance du 19 juin 1950.

(1) *Voir* M. Loève, *On sets of Probability laws and their limit elements* [*Statistical Series* (University of California), vol. 1, n° 5, p. 53-88].

(cas D) ([1]). Nous pouvons énoncer le principe heuristique suivant lequel, de par sa nature, n'est pas précis : *Sans des hypothèses analogues, l'on passe du cas* I *au cas* D *en pondérant les lois d'accumulation* du cas I. On peut énoncer des résultats précis correspondant aux tendance normale, poissonienne et infiniment divisible dans le cas I.

Le théorème suivant est fort utile. *Si, pour $n \to \infty$, $G_n(\lambda)$ converge vers $G(\lambda)$ sur un ensemble partout dense dans $(-\infty, +\infty)$ et $g(\lambda)$ est continue sur $[-\infty, +\infty]$, alors*

$$\int_{-\infty}^{+\infty} g\, dG_n + g(-\infty)\, G_n(-\infty) - g(+\infty)\, G_n(+\infty),$$

converge vers la même expression avec G au lieu de G_n.

Complément à une Note précédente ([2]). — Soient $\{B\}$ des événements définis sur $\{X_k\}$ et $\{C\}$ ceux qui sont définis seulement sur la *queue* de $\{X_k\}$. (Notons que dans deux propositions de la Note, le facteur C a été omis dans les parenthèses qui suivent les lettres Φ et P.) On a

Si

$$(a) \qquad \lim_m \lim_n \sum_{m \leq k \leq n} \Phi_k(A_{m,k}B) = \Phi(AB)$$

et Φ *est finie et σ-additive, alors* $\{X_k\}$ *converge pr. s. vers une v. a.* X, $E|X| < \infty$ *et* $\int_C X\, dP = \Phi(C)$.

Ce théorème possède une réciproque partielle. *Si* $\{X_k\}$ *converge pr. s. vers* X *et* $|X_k| \leqq Y$ *avec* $EY < \infty$, *alors* (a) *a lieu.*

On peut énoncer des propositions analogues en remplaçant $A_{m,k}B$ par $A_{k,n}C$ où $A_{k,n}$, translatables avec n, sont définis sur $\{X_k, \ldots, X_n\}$ et $\lim_m \lim_n \sum_{m \leq k \leq n} A_{k,n} = A$.

Signalons aussi que le dernier théorème de la Note ([2]) peut être étendu de manière à contenir également le théorème ergodique de Hurewicz. Soient $\{Y_k\}$ une suite de v. a. positives, avec

$$\liminf_n \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} Y_k > 0, \qquad \Psi_k(B) = \int_B Y\, dP,$$

A_m sera maintenant défini sur $\{X_1, \ldots, X_m; Y_1, \ldots, Y_m\}$ et C sur les queues de $\{X_k\}$ et $\{Y_k\}$:

Si

$$(1) \qquad \lim_n \frac{E|X_n|}{n} = 0, \qquad \lim_n \frac{EY_n}{n} = 0$$

([2]) M. Loève, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 52-53. Les notations sont celles de cette Note.

et

$$(2)\qquad \lim_m \lim_n \sup\left|\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\Phi_k(A_m^k C)\right| = 0,\qquad \lim_m \lim_n \sup\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\Psi_k(A_m^k C) = 0,$$

alors $(X_1+\ldots+X_n)/(Y_1+\ldots+Y)_n$ *converge pr. s. avec* $n\to\infty$.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Propriétés des caractéristiques d'un élément aléatoire dans un espace de Banach.* Note de Mlle **Édith Mourier**, présentée par M. Jean Chazy.

Cette Note qui reprend les définitions et notations d'une précédente Note (1) a pour objet de compléter les propriétés de la caractéristique $\varphi(x^\star)$ d'un élément aléatoire proprement dit à valeurs dans un espace de Banach.

Propriété I. — $\varphi(x^\star)$ est une fonction *uniformément continue* de $x^\star$ avec la topologie *forte* dans $\mathfrak{X}^\star$, c'est aussi une fonction *continue* de $x^\star$ avec la topologie *faible* dans $\mathfrak{X}^\star$.

Propriété II. — Si $E(X)$ et $E(\|X\|)^2$ existent (2), la caractéristique $\varphi(x^\star)$ de X se met sous la forme

$$\varphi(x^\star) = 1 + ix^\star[E(X)] - \frac{1}{2}E[|x^\star(X)|^2] + \|x^\star\|^2\omega(x^\star),$$

où $\omega(x^\star)\to 0$ si $\|x^\star\|\to 0$.

Définition. — Nous dirons qu'une fonction $f(x^\star)$ est *définie-positive* si :

a. Elle est continue;

b. Quels que soient n; $x_1^\star, \ldots, x_n^\star$ et les nombres complexes $\alpha_1, \ldots, \alpha_n$.

On a

$$\sum_{j,k}\alpha_j\bar{\alpha}_k f(x_j^\star - x_k^\star)\quad \text{réel, positif ou nul.}$$

Remarque. — Toute fonction $f(x^\star)$ qui satisfait à b est telle que

$f(\theta^\star)$ est réel, $\geqq 0$, nul seulement si $f\equiv 0$;

$f(-x^\star) = \overline{f(x^\star)}$,

si f est continue à l'origine elle est continue partout avec les topologies forte ou faible dans $\mathfrak{X}^\star$.

Propriété III. — Toute caractéristique $\varphi(x^\star)$ est définie-positive.

Définitions. — Un *ensemble cylindrique* $\mathcal{E}_n$ de $\mathfrak{X}$ est défini comme l'ensemble

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1300; dans la définition de la caractéristique *il faut lire* définie pour tout $x^\star$ *réel* élément de $\mathfrak{X}^\star$ *et non* pour tout $x^\star\in\mathfrak{X}^\star$.

(2) On sait que si $\mathfrak{X}$ est séparable et réflexif $E(\|X\|) < +\infty$, qui est impliqué par $E(\|X\|)^2 < +\infty$, implique l'existence de $E(X)$.

de tous les $x \in \mathfrak{X}$ tels que : $\{x_1^*(x), \ldots, x_n^*(x)\} \in E_n$ où E_n est un ensemble mesurable-B dans l'espace euclidien R_n à n dimensions.

Tous les ensembles cylindriques sont l-mesurables, ils forment un corps $\mathcal{C}$, soit $\mathcal{B}$ le plus petit corps de Borel contenant $\mathcal{C}$. La connaissance de la mesure m sur $\mathcal{C}$ détermine la mesure sur $\mathcal{B}$ (Kolmogoroff) ([3]). $\mathcal{C}$ et $\mathcal{B}$ ont une signification géométrique indépendante de m et ils ne dépendent pas de la norme au sens de ([1]).

Si $\mathfrak{X}$ est séparable, $\mathcal{B}$ contient tous les ensembles du type $f(x) < a$ où f est une fonction numérique, réelle, continue et plus généralement les ensembles du type $f(x) \in E$ où E est un ensemble mesurable B de nombres réels.

Propriété IV. — Une l-mesure sur $\mathfrak{X}$ proprement dite définit une caractéristique et une seule, réciproquement une caractéristique détermine la mesure sur tout ensemble cylindrique donc sur $\mathcal{B}$.

On est conduit à se demander si toute fonction $\varphi(x^*)$ définie positive et telle que $\varphi(\theta^*) = 1$ est la caractéristique d'un élément aléatoire proprement dit X sur $\mathcal{B}$.

Définitions. — Soit : $\Sigma(a)$ la sphère de $\mathfrak{X}$ de centre θ, de rayon a. $S : \{x_J^*\} (J = 1, 2, \ldots)$ une suite quelconque de fonctionnelles linéaires de norme 1, telle qu'un nombre quelconque de ces fonctionnelles soient linéairement indépendantes.

A_n l'ensemble des points de R_n de coordonnées $\alpha_1, \ldots, \alpha_n$ tels que le système : $x_1^*(x) = \alpha_1, \ldots, x_n^*(x) = \alpha_n$ ait au moins une solution x telle que $\|x\| \leqq a$.

$\mathcal{A}_n$ l'ensemble des $x \in \mathfrak{X}$ tels que le point P de R_n de coordonnées $[x_1^*(x), \ldots, x_n^*(x)]$ appartient à A_n. $\mathcal{A}_n \supset \Sigma(a)$ ([3]), plaçons-nous dans le cas où les $\{x_n^*\}$ forment un ensemble dense sur la sphère de rayon 1 dans $\mathfrak{X}^*$, alors $\lim_{n \to +\infty} \mathcal{A}_n = \Sigma(a)$; soit $\rho(a) = \lim_{n \to \infty} m(\mathcal{A}_n)$ [on a posé $m(\mathcal{E}_n) = m(E_n)$]. Nous dirons que $\varphi(x^*)$ satisfait *à la condition* C si, quelle que soit la suite $\{x_n^*\}$, $\lim_{a \to +\infty} \rho(a) = 1$.

THÉORÈME. — *Si $\mathfrak{X}$ est séparable et réflexif une condition nécessaire et suffisante pour qu'une fonction définie positive et telle que* $\varphi(\theta^*) = 1$ *soit une caractéristique d'un élément aléatoire proprement dit est que* $\varphi(x^*)$ *satisfasse à la condition* C.

On peut donner des exemples de fonctions $\mathcal{J}(x^*)$ définies positives telles que $\mathcal{J}(\theta^*) = 1$ ne satisfaisant pas à la condition C.

([3]) *Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mouvement général plan non uniforme d'une plaque infiniment mince.* Note (*) de M. **Serge Vladimirsky**, transmise par M. Joseph Pérès.

On admet, en première approximation, que le sillage de tourbillons libres coïncide avec la trajectoire décrite par le bord de fuite; on obtient explicitement le potentiel des vitesses et la répartition des pressions.

Ayant fait choix d'un système d'axes absolus $\bar{x}$ et $\bar{y}$, considérons une plaque infiniment mince, d'envergure infinie et de profondeur constante de deux unités, dont la section droite AB est rapportée aux axes x et y et occupe sur l'axe des x le segment $-1, 1$.

Supposons que la plaque se déplace en translation avec une vitesse dont les projections sur les axes $\bar{x}$ et $\bar{y}$ sont $-$U et V respectivement et en rotation avec la vitesse angulaire ω autour de son milieu O et, à l'instant t, occupe la position A'B', caractérisée par l'angle α entre les directions positives des axes x et $\bar{x}$. Nous supposons que les vitesses U, V, ω, ainsi que l'angle α, sont des fonctions connues du temps t et admettons que des tourbillons libres prennent naissance sur le bord de fuite, s'y détachent et forment un sillage continu d'intensité $\gamma(\sigma)$, σ désignant la coordonnée curviligne comptée à partir du milieu de la plaque O (¹). Si la durée du mouvement est suffisamment courte, on peut admettre, en première approximation, que la forme du sillage n'est pas modifiée par le mouvement ultérieur et, en particulier, coïncide avec la trajectoire décrite par le bord de fuite. Représentons d'une façon conforme le plan $z = x + iy$ sur une demi-bande indéfinie de largeur unité du plan $u + iv$, que nous désignons simplement par u, en posant

$$z = \sin 2\pi u.$$

et soient $\xi + i\eta$ et $r + is$ les affixes de deux points homologues du sillage dans les deux plans, $\xi + i\eta = \sin 2\pi(r + is)$. Les projections de la vitesse de la plaque sur les axes mobiles x et y étant respectivement $-\mathrm{U}\cos\alpha + \mathrm{V}\sin\alpha$ et $\mathrm{U}\sin\alpha + \mathrm{V}\cos\alpha$, on peut définir le potentiel complexe, $w = \varphi + i\psi$, correspondant au mouvement général, à l'instant t, comme résultant de la superposition du potentiel du mouvement rectiligne et parallèle à Ox de vitesse $\mathrm{U}\cos\alpha - \mathrm{V}\sin\alpha$ et des potentiels : de translation, suivant Oy,

$$(1) \qquad w_{\mathrm{T}} = -(\mathrm{U}\sin\alpha + \mathrm{V}\cos\alpha)(\cos 2\pi u + i\sin 2\pi u) + \mathrm{C}_{\mathrm{T}}u,$$

(*) Séance du 26 juin 1950.

(¹) Des questions du même ordre ont été étudiées par M. G. Couchet (cf. *Public. O. N. E. R. A.*, n° 31, 1949, Chap. III), pour des profils quelconques.

de rotation, autour du milieu O de la plaque,

$$w_R = \frac{1}{4} i\omega(\cos 4\pi u + i \sin 4\pi u) + C_R u \tag{2}$$

et de sillage tourbillonnaire

$$w_S = \frac{1}{2\pi i}\int_1^{1+\sigma_0} \gamma(\sigma) \operatorname{Log} \frac{\sin 2\pi(u - r - is)}{\sin 2\pi(u - r + is)} d\sigma + C_S u, \tag{3}$$

C_T, C_R, C_S désignant les constantes des mouvements cycliques généraux et σ_0, la longueur totale du sillage. Si nous introduisons la condition de Joukowsky, vitesse finie sur le bord de fuite, et la condition de MM. v. Karman et Sears [2] circulation totale nulle autour de la plaque et du sillage, nous obtenons d'une part les constantes cycliques et d'autre part l'équation intégrale

$$2\pi(U \sin\alpha + V \cos\alpha) + \pi\omega + \int_1^{1+\sigma_0} \gamma(\sigma) \frac{\operatorname{sh} 2\pi s}{\operatorname{ch} 2\pi s - \sin 2\pi r} d\sigma = 0, \tag{4}$$

dont la résolution conduit à la fonction inconnue $\gamma(\sigma)$. Superposons (1), (2), (3) en tenant compte de (4); nous obtenons pour le potentiel des vitesses résultant sur la plaque (u réel) l'expression

$$\varphi = -(V \cos\alpha + U \sin\alpha) \cos 2\pi u - \frac{1}{4}\omega \sin 4\pi u - \frac{1}{\pi}\int_1^{+\sigma_0} \gamma(\sigma) \operatorname{arc tg}[\operatorname{cotg} \pi(u - r) \operatorname{th} \pi s] d\sigma.$$

En appliquant la formule de Bernoulli généralisée et en posant $\sin 2\pi u = -\cos\theta$, on peut mettre la répartition de pression en profondeur sous la forme

$$\begin{aligned} p = 2\rho \Big\{ & \left[UV \cos 2\alpha + \frac{1}{2}(U^2 - V^2) \sin 2\alpha\right] \operatorname{cotg}\frac{\theta}{2} + 2\omega(U \cos\alpha - V \sin\alpha) \sin\theta \\ & + \left[\frac{dV}{dt} \cos\alpha + \frac{dU}{dt} \sin\alpha\right] \sin\theta - \frac{1}{4}\frac{d\omega}{dt} \sin 2\theta \\ & + \frac{1}{2\pi}(U \cos\alpha - V \sin\alpha) \operatorname{cotg}\frac{\theta}{2} \int_1^{1+\sigma_0} \gamma(\sigma) \frac{\operatorname{sh} 2\pi s \sin 2\pi r}{\operatorname{ch}^2 2\pi s - \sin^2 2\pi r} d\sigma \\ & + \frac{1}{2\pi}(U \sin\alpha + V \cos\alpha) \int_1^{1+\sigma_0} \gamma(\sigma) \frac{\operatorname{sh}^2 2\pi s \sin 2\pi r + \operatorname{ch} 2\pi s \cos 2\pi r \cos(\theta - 2\pi r)}{[\operatorname{ch} 2\pi s - \sin(\theta - 2\pi r)][\operatorname{ch}^2 2\pi s - \sin^2 2\pi r]} d\sigma \\ & + \frac{\omega}{2\pi} \int_1^{1+\sigma_0} \gamma(\sigma) \frac{\operatorname{sh}^2 2\pi s \operatorname{ch} 2\pi s + \sin 2r \cos 2\pi r \cos(\theta - 2\pi r)}{[\operatorname{ch} 2\pi s - \sin(\theta - 2\pi r)][\operatorname{ch}^2 2\pi s - \sin^2 2\pi r]} d\sigma \Big\}. \end{aligned}$$

Cette formule présente beaucoup d'analogies avec celle que l'on obtient dans le cas limite des déplacements infiniment petits (en posant, par exemple, dans la formule ci-dessus $r = 1/4$ et $\alpha = 0$). En particulier, on retrouve les termes $\cot \theta/2$, $\sin\theta$ et $\sin 2\theta$ avec les mêmes conclusions concernant les résultantes et

---

[2] *Journal of the Aeronautical Sciences*, 5, n° 10, 1932.

leurs points d'application. L'ensemble de deux derniers termes représente les effets de la courbure et de la vitesse suivant Oy du sillage (dans son mouvement par rapport à la plaque) qui sont négligés par la théorie approchée.

ASTRONOMIE. — *Orientation spatiale et sens de rotation de la nébuleuse spirale* NGC 2146. Note de M. **Gérard de Vaucouleurs**, présentée par M. André Danjon.

Une analyse de la structure spirale de la nébuleuse NGC 2146 paraît déterminer sans ambiguïté son orientation spatiale; celle-ci correspond, avec le sens de rotation spectroscopique observé par Mayall, à une rotation dans laquelle les bras *suivent* le noyau.

1. Le seul critère fondamental universellement accepté pour déterminer le sens de l'inclinaison des nébuleuses spirales sur le rayon visuel est basé sur les bandes d'absorption *primaires* (dans la terminologie de Lindblad) produites par la matière sombre *périphérique* (cas des *spindles* vraies).

Mais ce critère est rarement utilisable pour résoudre le problème du sens de rotation des spirales, car, en général, la bande sombre cesse de se projeter devant le globe central des nébuleuses avant que la structure spirale n'émerge clairement et l'interprétation de celle-ci est alors discutable, ou bien, lorsqu'elle apparaît nettement, c'est le caractère *primaire* de l'absorption qui peut être contesté (1), (2).

2. La nébuleuse spirale NGC 2146 ($6^h 10^m,7$; $+78°23'$; 1950), type Sbp, présente certaines particularités qui permettent de lui appliquer avec sécurité le critère primaire d'orientation.

L'examen des photographies (3) montre qu'il s'agit d'une spirale *gauche* dont le plan fondamental, défini par les deux bras réguliers $P_1 P'_1$ et $Q_1 Q'_1$ (*cf.* figure), est incliné d'une trentaine de degrés sur le rayon visuel; un troisième bras irrégulier $P_2 Q_2$, moins développé (comme dans NGC 4254) est incliné lui-même d'une vingtaine de degrés sur le plan fondamental (comme dans NGC 3628).

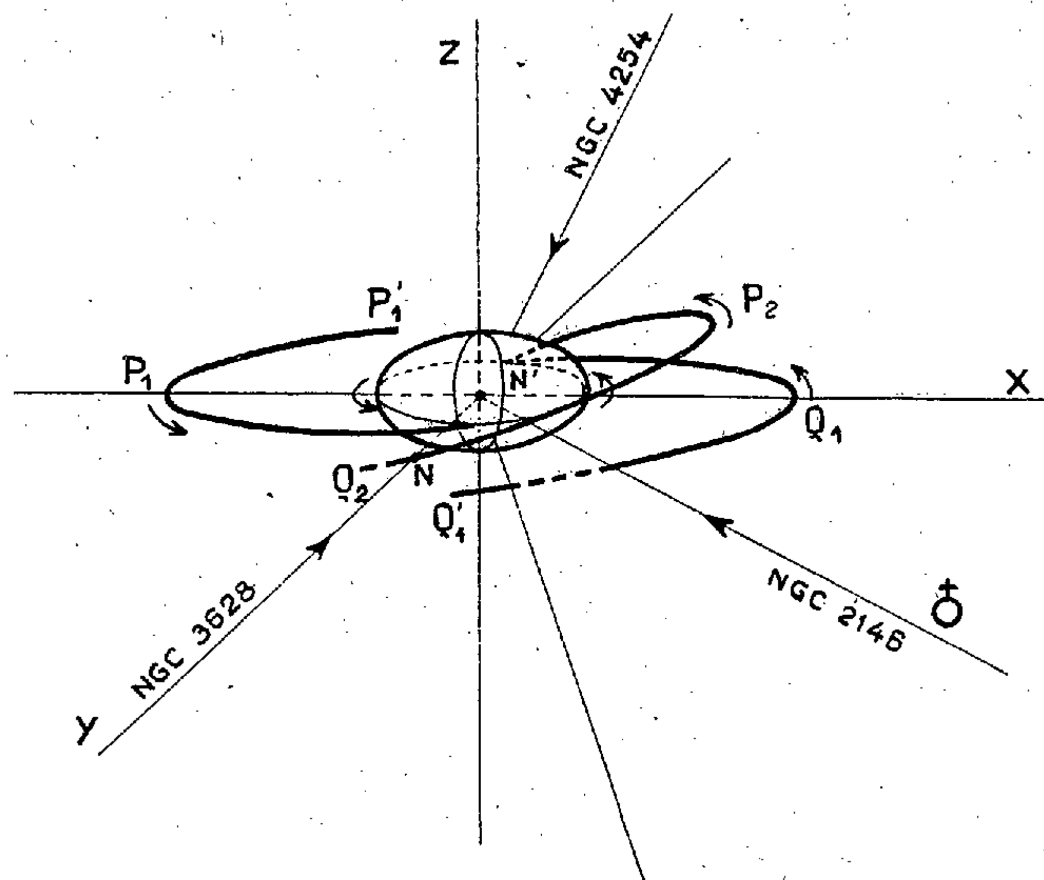
Ce bras supplémentaire, passant devant le globe central de la nébuleuse y produit une bande d'absorption complexe dont le caractère *primaire*, d'ailleurs évident, est confirmé par une comparaison des aspects des régions nucléaires de NGC 2146 et NGC 4565, exemple classique de *spindle* vraie.

D'autre part une discussion de la structure observée (le détail en paraîtra ultérieurement) permet de placer sans ambiguïté les points d'attache des spires par rapport au globe central, comme l'indique la figure; il paraît

(1) E. Hubble, *Astroph. Jl.*, 97, 1943, p. 112.
(2) B. Lindblad and R. Brahde, *Astroph. Jl.*, 104, 1946, p. 211.
(3) F. G. Pease, *Astroph. Jl.*, 51, 1920, p. 283.

certain, en particulier, que le bras incliné s'écarte du noyau de P_2 vers Q_2 et non en sens inverse.

Dans ces conditions l'orientation spatiale vraie de la spirale se trouve entièrement déterminée.



3. Le sens de rotation spectroscopique, communiqué par M. Mayall, correspond à un mouvement d'approche (par rapport au noyau) de l'extrémité Sud-Est du grand axe (fente dans l'angle de position 138°; raie d'émission 3727).

Ce sens de rotation est représenté par les flèches sur la figure; avec l'orientation conclue il correspond à une rotation dans laquelle les bras *suivent* leurs points d'attache au noyau, en accord avec les conclusions antérieures de Slipher et de Hubble pour d'autres spirales.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur l'abondance de l'hydrogène moléculaire dans l'atmosphère des naines blanches.* Note de MM. **Paul Couteau** et **Evry Schatzman**, présentée par M. André Danjon.

Les atmosphères des naines blanches sont constituées vraisemblablement d'hydrogène presque pur (¹). Un modèle d'atmosphère de naine blanche doit tenir compte des différentes formes d'hydrogène présentes. Aux fortes pressions, caractérisant les atmosphères de ces étoiles, il serait possible que la molécule d'hydrogène, neutre et ionisée, contribue à l'absorption. C'est pourquoi, il nous a semblé nécessaire d'en calculer, en premier lieu, l'abondance.

(¹) Schatzman, *Publ. Copenhagen Observatory*, n° **149**.

Ce calcul fait intervenir la somme d'état. Dans l'expression de celle-ci : $\Sigma g_{vj}\exp(-\varepsilon_{vj}/kT)$, les g_{vj} sont les poids statistiques, correspondant aux différents niveaux de rotation et de vibration, donnés par $g=2j+1$ pour j pair et $g=3(2j+1)$ pour j impair ([2]). Les niveaux d'énergie ε_{vj} sont donnés par des fonctions rationnelles qui représentent de façon satisfaisante les données spectroscopiques. Le nombre de niveaux est limité par la dissociation de la molécule pour les fortes énergies de vibration-rotation. En calculant la contribution des différents niveaux de rotation et vibration pour $T=10\,000°K$, on trouve

$$\Sigma g_{vj}\exp\left(\frac{-\varepsilon_{vj}}{kT}\right)=740,5.$$

La table 10 de Woolley ([2]) qui donne l'équilibre : $H+H \rightleftharpoons H_2$ a été complétée pour $T=10^4$ degrés. A cette température, la loi d'action de masse s'écrit

$$\log\frac{[H]^2}{[H_2]}=21,17. \qquad (1)$$

A l'aide de l'équation

$$\log\frac{[H^+]}{[H]}=-0,48-13,53\theta+8,77-\log p_e, \qquad (2)$$

où p_e est la pression électronique et $\theta=5040/T$, de la relation (1) et de la table 10 de Woolley ([2]) on peut calculer les valeurs de $p_e(T)$ pour lesquelles $[H_2]=[H]$. On trouve alors (tableau I) :

Tableau I.

T	3000.	4000.	5000.	10 000.
θ	1,68	1,26	1,0	0,5
$\log p_e$	$-5,06$	$-1,06$	1,43	6,03

Pour les naines blanches classiques 40 Eridani B et Van Maanen 2, des études basées sur les modèles d'atmosphère de l'un d'entre nous ([1]) montrent que la pression est de 100 à 1000 fois trop faible pour donner une abondance : $[H_2]=[H]$. On en déduit que même dans ces conditions extrêmes, les molécules H_2 n'ont, sans doute, pas une importance sensible.

GRAVIMÉTRIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur au Maroc.* Note de M. **Georges Roux**, présentée par M. Pierre Lejay.

Des mesures de l'intensité de la pesanteur ont été poursuivies au Maroc, de 1938 à 1948 par Clariond et Roux (désignés par C et R dans le tableau), avec

---

([2]) Woolley, Scott et Brickwedde, *Journal of Research of the National Bureau of Standards. Washington,* Research paper R. P. 1932, 41, 1948.

Base : Observatoire d'Averroës : $979^{gals},563$.

Stations.	Latitude.	Longitude Greenwich.	Altit.	Observ.	Dates.	g.	g_0.	g''_0.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	m		1938	gals	gals	gals	gals	mgals	mgals
nès	33 54,2	5 33,8 W	513	R	26-4	979,514	979,673	979,615	979,653	+ 20	— 38
	34 02,8	5 00,1 W	402	»	26-4	527	979,651	607	665	— 14	— 61
rcif	34 13,6	3 21,7 W	367	»	27-4	590	979,704	663	680	+ 23	— 22
er (Obs. Bouzaréah)	36 47,8	3 2,1 E	348	»	3-5	916	980,024	985	899	+125	+ 86
cara	35 23,8	0 8,7 E	594	»	5-5	643	979,827	760	779	+ 48	— 19
kane	34 55,6	2 19,9 W	149	»	6-5	699	745	728	739	+ 6	— 11
da	34 40,2	1 54,6	578	»	7-5	562	740	676	718	+ 33	— 42
dou	33 59,5	3 2,4	(940)	»	8-5	397	687	582	661	+ 27	— 79
kine	33 46,1	3 50,8	1283	»	9-5	349	745	601	642	+103	— 41
at-Oulad-El-Haj	33 20,4	3 42,3	747	»	10-5	371	602	518	607	— 5	— 89
sour	33 2,9	3 58,7	903	»	10-5	322	601	500	582	+ 18	— 83
mouzer-Des-Marmoucha	33 28,8	4 14,4	(1650)	»	11-5	223	732	547	618	+114	— 71
il-Des-Ait Lahsene	33 11,3	4 33,4	1630	»	11-5	170	673	490	594	+ 79	—104
ne	33 31,0	5 07,2	1638	»	15-5	259	764	581	621	+143	— 40
misset	33 49,5	6 03,9	445	»	16-5	550	687	638	647	+ 41	— 9
mès	35 26,0	6 0,7	1210	»	17-5	352	725	590	614	+111	— 24
lay Bou Azza	33 20,6	5 45,1	1066	»	17-5	366	695	575	607	+ 88	— 32
jad	32 46,2	6 24,2	675	»	18-5	386	594	519	560	+ 35	— 41
ribga	32 52,9	6 54,7	800	»	18-5	397	644	554	569	+ 75	— 14
lhaut	33 36,9	7 07,1	274	»	1-6	595	680	649	629	+ 50	+ 20
chand	33 31,5	6 36,0	461	»	1-6	550	692	641	622	+ 70	+ 19
at	34 1,0	6 50,3	28	R-C	2-6	658	667	664	663	+ 4	+ 1
ni	31 2,7	7 17,3	(1450)	C	8-7	054	501	339	420	+ 82	— 81
uine	30 55,7	7 15,4	(1400)	»	8-7	081	513	356	411	+102	— 55
louz	30 43,0	8 08,0	795	»	9-7	168	413	324	394	+ 20	— 70
oudant	30 28,6	8 52,3	250	»	10-7	288	365	337	375	— 10	— 38
dir	30 25,9	9 37,0	23	»	10-7	353	360	358	371	— 11	— 14
nanar	31 00,1	9 40,1	425	»	11-7	368	499	452	416	+ 83	+ 35
gador	31 31,0	9 46,4	5	»	11-7	494	496	495	458	+ 38	+ 37
	32 18,0	9 14,5	50	»	12-7	549	564	559	521	+ 43	+ 38
rakech I	31 37,7	7 59,6	467	»	23-9	979,318	462	410	468	— 6	— 58
ndafa	30 57,4	8 08,6	2100	»	23-9	978,932	979,580	979,345	979,413	+167	— 68
					1939						
elt	32 40,7	4 43,9	1480	»	9-1	979,1575	979,614	979,449	979,552	+ 62	—103
h	32 15,5	4 30,2	(1344)	»	9-1	1605	575	425	518	+ 57	— 93
denib	31 57,3	3 36,4	935	»	11-1	216	505	400	493	+ 12	— 93
omb-Béchar	31 37,2	2 13,2	770	»	12-1	240	478	392	466	+ 12	— 75
rakech II	31 38,3	8 00,7 W	453	R	28-2	979,320	979,460	979,409	979,468	— 8	— 59
chaoua	31 33,0	8 45,8	360	»	1-3	366	477	437	461	+ 17	— 24
aa-des-Srarhna (El)	32 02,9	7 24,5	467	»	3-3	347	491	439	501	— 9	— 62
z	30 41,7	6 26,6	952	»	7-3	143	437	330	392	+ 45	— 62
ora	30 19,1	5 51,0	722	»	7-3	173	396	315	363	+ 33	— 48
ounite	29 58,9	5 35,2	600	»	8-3	207	392	325	336	+ 56	— 11
mid (Le)	29 49,8	5 43,2	(550)	»	8-3	199	369	307	324	+ 44	— 17
arine-des-Ait-Atta	30 47,5	5 34,3	(918)	»	9-3	1575	441	338	400	+ 41	— 62
oud	31 26,2	4 14,1	820	»	10-3	979,2235	477	385	451	+ 25	— 67
oun	31 10,4	5 40,3	(2050)	»	12-3	978,933	566	336	430	+135	— 94
lmalne-du-Dadès	31 22,2	5 58,0	1586	»	13-3	978,983	472	295	446	+ 26	—151
ura	31 04,1	6 33,6	1220	»	13-3	979,089	465	329	422	+ 44	— 93
rzazate	30 55,3	6 54,6	1120	»	14-3	979,112	979,458	979,332	979,410	+ 47	— 78
					1948						
rakech III	31 38,1	8 00,8	457	»	28-4	979,3205	979,462	979,410	979,468	— 6	— 57
gador	31 31,0	9 46,3	5	»	29-4	491	493	492	458	+ 35	+ 34
dir	30 25,9	9 37,0	23	»	29-4	3535	361	358	371	— 11	— 13
louz	30 43,0	8 08,0	795	»	30-4	163	408	319	394	+ 15	— 74
ouine	30 31,7	7 54,7	930	»	1-5	0975	385	280	379	+ 6	— 99
enakhte	30 35,0	7 12,2	1400	»	1-5	045	477	320	383	+ 94	— 63
aa-des-Mgouna (El)	31 14,3	6 08,3	1420	»	2-5	,025	464	305	435	+ 28	—131
rhir	31 31,4	5 31,8	1275	»	3-5	091	484	342	458	+ 26	—117
jdad	31 31,1	5 01,7	995	»	3-5	164	471	360	458	+ 13	— 98
r-es-Souk	31 56,5	4 25,3	1025	»	4-5	186	502	388	492	+ 10	—104
-Anane	32 02,5	3 03,3	845	»	5-5	239	500	405	500	0	— 95
omb-Béchar	31 37,0	2 12,6	785	»	6-5	249	491	403	466	+ 25	— 63
Arfa	32 32,5	1 57,3	1204	»	7-5	219	591	456	550	+ 41	— 94
denib	31 57,1	3 36,4	933	»	7-5	223	511	407	493	+ 19	— 86
rrama	32 20,2	4 05,1	1360	»	8-5	174	594	442	524	+ 70	— 83
h	32 15,5	4 30,2	1344	»	8-5	162	577	426	518	+ 59	— 92
elt	32 40,7	4 43,9	1480	»	9-5	152	609	443	552	+ 57	—109
elmane de Sidi Ali	33 05,1	4 59,8	2075	»	9-5	081	721	489	586	+136	— 96
ne	33 31,0	5 07,2	1638	»	10-5	262	765	581	621	+144	— 40
nès	33 54,2	5 33,8	513	»	11-5	512	979,670	979,613	979,653	+ 17	— 40

le pendule Holweck-Lejay n° 67, acquis par le Comité National marocain de Géodésie et de Géophysique.

Cet appareil a été étalonné en 1936 à l'aide de mesures faites à l'Institut du Radium de Paris et à l'Observatoire Averroës ($g = 979,563$) (¹), où, depuis les dernières mesures du P. Lejay (²) confirmant celles de Reignier en 1931, on peut considérer g comme déterminé avec une bonne certitude. Des sauts de la lame d'élinvar ont provoqué des modifications de l'élasticité de ce pendule; deux sont particulièrement nets : l'un de l'ordre de 12^{mgals} a été observé à Ifrane en avril 1938; l'autre de l'ordre de 30^{mgals}, à Mengoub en mai 1948, au cours d'une campagne effectuée avec J. Lagrula. Mais, se basant sur les mesures faites au Maroc par P. Lejay avec ses deux pendules nos 42 et 622, en des stations qui avaient été déjà occupées avec le pendule 67, en utilisant également les mesures de répétition faites avec le pendule 67 à l'Observatoire Averroës et compte tenu des stations occupées simultanément par J. Lagrula (³) et par moi-même, en 1946, il a été possible de retracer l'historique de la constante g_0 du pendule 67 et d'en déduire la valeur de g pour toutes les stations occupées.

Les résultats sont condensés dans le tableau ci-joint, dans lequel se trouvent reprises les valeurs provisoires publiées en 1938. Le contrôle obtenu pour g_0 et une meilleure précision dans la position de quelques stations diminuent les incertitudes antérieures. Les altitudes de quelques stations, sur lesquelles subsiste encore une incertitude, pouvant dépasser (et parfois largement) 10 mètres, ont été placées entre parenthèses. Les anomalies ont été calculées avec la densité 2,67.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'irréversibilité des mesures physiques dans le temps et la représentation des notions fondamentales de la Mécanique.* Note de (*) M. **Léon Motchane**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note antérieure (¹) il a été montré que l'expression mathématique intrinsèque d'une grandeur physique mesurable est une fonctionnelle comprenant une infinité de fonctions à dérivée gauche nulle qui seront désignées par *constantes généralisées*. Les constantes généralisées ne disparaissent jamais par dérivations successives à gauche, seules permises pour des raisons physiques [1] (²). Le raisonnement développé dans [1]

(¹) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 713.

(²) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 19.

(³) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1478.

(*) Séance du 26 juin 1950.

(¹) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 581-583. Cette Note sera désignée par [1].

(²) A rapprocher des *Distributions* de L. Schwartz dont le remarquable calcul semble pouvoir devenir le principal outil de ce genre de recherches.

nous permettra de montrer qu'*au même titre que la quantification la relativité n'est pas une hypothèse, mais qu'une relativité est une conséquence logique de la représentation générale des grandeurs physiques.* Il existerait donc un cadre physicomathématique de représentation de telles grandeurs qu'on pourrait désigner par *représentation intrinsèque*. Cette dernière comprendrait une infinité de *mécaniques* (dont les mécaniques ondulatoire, einsteinienne et newtonienne), chacune caractérisée par les structures et propriétés des constantes généralisées déterminées en fonction d'hypothèses et de données de nature expérimentale. Le temps étant une grandeur mesurable aura la même représentation, dont la forme générale en fonction d'un paramètre q est

$$s = \Sigma q^n s_n, \tag{1}$$

où s_n, ($n = 0, 1 \ldots$) sont des fonctions constantes et continues sur les demi-segments, semi-contigus gauches à des ensemble clairsemés droits $E(q_n)$; $s_n = \Sigma\omega_{n,i}\varepsilon_{n,i}$; $\varepsilon_{n,i} = \pm 1$. Montrons d'abord les simplifications admises dans les mécaniques newtonienne et einsteinienne.

1. *Groupe galiléen.* — Le postulat de Newton se traduit par les approximations suivantes :

1° *Il existe des mouvements uniformes;* d'où l'emploi de la forme tronquée de (1) $s = x = s_0 + qs_1$ pour la distance.

2° La mesure du temps de l'observateur $t = \Sigma q_n f_n$ est identique à celle du mobile $t' = \Sigma q' f'_n$, donc $q' = q$; $f_0 = f'_0 \equiv 1$: $f_n = f'_n \equiv 0$ pour $n \geqq 1$, d'où $t = t'$.

3° Postulat caché de Newton : *Le mouvement uniforme dont la validité locale est vérifiée par l'expérience est vrai globalement.* Tous les $E(q_n)$ sont vides, donc $s_0 = \Sigma\omega_{0,i}\varepsilon_i \equiv$ const. et $s_1 = \Sigma\omega_{1,i}$, $\varepsilon'_{1,i} \equiv$ const., d'où résulte le groupe galiléen $x - x' = vt$.

2. *Groupe Einsteinien.* — Ce groupe diffère du précédent par la relation qui lie les paramètres q et q'. Le premier postulat de Newton, toujours valable, permet l'emploi des formes tronquées $x' = s'_0 + q's'_1$ et $x = s_0 + qs_1$ auxquelles il faut adjoindre une relation de nature semblable entre les paramètres $t = q$, $t' = q'$ soit $q = a_0 + q'a_1$ où a_0 dépend linéairement de x'. Il en résulte une relation de la forme

$$x = Ax' + Bq' + C \tag{2}$$

qui reste indéterminée pour autant que l'on ignore la nature des coefficients et leurs relations. Postulat caché d'Einstein : *La relation* (2) *dont la validité locale est vérifiée par l'expérience est valable globalement,* donc les quantités s_0, s'_0, s_1, s'_1, a_0, a ne sont plus des constantes généralisées mais des constantes. Pour être d'accord avec l'expérience A, B, C sont déterminés de telle sorte que le ds^2 dans l'espace-temps reste invariant. On aboutit aux transformations de Lorentz : $A = (1 - \beta^2)^{-1/2}$, $\beta = v(1 - \beta^2)^{-1/2}$, $c = 0$. Le postulat proprement einsteinien de constance de ds^2 limite l'arbitraire de la représentation générale, mais

seul le *postulat global* commun aux deux groupes a permis de l'éliminer complètement.

3. La méthode de la représentation intrinsèque consiste à introduire le maximum d'arbitraire dans les représentations physico-mathématiques, mais de telle sorte qu'elles ne puissent jamais être en contradiction avec les données de l'expérience, ce qui entraîne la nécessité de donner à toute limitation de cet arbitraire une justification physique.

Considérons le point représentatif d'un système dynamique dans l'espace-temps de configuration ou celui d'un point matériel dans l'espace-temps La métrique correspondante a la forme $ds^2 = 2\mathrm{T}\,dt^2$. Cette forme est permise en mécanique classique, parce que les constantes d'intégrations s'éliminent quand on considère des grandeurs qui n'ont de sens physique qu'entre deux limites d'intégration. En représentation intrinsèque, en mettant en évidence le potentiel, le coefficient de la variable temporelle devient : $2\mathrm{T} - 2v + \Sigma q^n s_n$, le dernier terme est pris entre les limites d'intégration. Or, ce terme ne peut pas être nul d'abord pour la raison générale [$\mathrm{E}(q_n)$ non vide] et ensuite parce que $\Sigma q^n s_n\,dt$ ayant la dimension d'une action, *nous savons par expérience qu'il existe des mouvements quantifiés* [dont l'expression générale est précisément de la forme (1)]. La métrique $ds^2 = (2\mathrm{T} - 2v + \Sigma q^n s_n)\,dt^2$ qui en découle traduit *une relativité imposée par la représentation intrinsèque*. En posant $q^n s_n \equiv 0$ pour $n \geq 1$ et $s_0 = mc^2$, on trouve une métrique du type relativiste. Cependant, ces deux simplifications cachent un postulat global dont la justification physique n'est pas formulée. Si l'on rejette ce postulat, on sera conduit à introduire en outre une quantification.

Quantification et relativité apparaissent toutes deux comme liées aux conditions physiques de nos observations : la succession des mesures pour tout observateur est ordonnée dans le temps.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un effet possible d'excitation nucléaire par influence électromagnétique concernant les noyaux légers rapides*. Note (*) de M. **Bernard d'Espagnat**, transmise par M. Louis Leprince-Ringuet.

Les considérations d'une Note antérieure sur le même sujet sont ici reprises compte tenu des nouvelles lois expérimentales d'absorption des rayons γ. Contrairement au résultat précédemment obtenu avec les anciennes lois d'absorption, l'effet d'excitation par simple processus électromagnétique apparaît maintenant comme possible en ce qui concerne les noyaux légers.

Dans une précédente Note [1] nous avons cherché s'il est possible que les noyaux des plaques photographiques exposées à haulte altitude soient excités

(*) Séance du 26 juin 1950.

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1268.

par les noyaux légers du rayonnement cosmique sans qu'il y ait choc nucléaire proprement dit, mais par simple influence du champ électromagnétique qui entoure le noyau en mouvement. Nous avons conduit les calculs en utilisant la méthode de Weisszäcker et Williams, qui permet de décomposer le champ en question en un nuage de photons virtuels, et en utilisant ensuite la loi semi-empirique de Weisskopf d'après laquelle la section efficace d'absorption des photons par les noyaux serait en gros proportionnelle au cube de l'énergie de ces photons.

Depuis lors notre attention a été attirée ([2]) sur le fait que des expériences relativement récentes ([3]) ont permis de préciser davantage le comportement de cette section efficace, σ, en fonction de l'énergie. Ces expériences ont montré que, de façon générale, σ présente un maximum très aigu pour une énergie *de résonance* du photon incident voisine de 16 MeV pour l'uranium, de 22 MeV pour le cuivre, de 30 MeV pour les éléments légers tels que le carbone; σ devient rapidement très petit en deçà comme au delà de cette énergie de résonance particulière à chaque élément. La valeur de l'intégrale de σ prise sur toutes les énergies est moins bien connue que les valeurs relatives, mais l'expression

$$\hbar \int \sigma \, d\omega = \frac{\pi^2 \hbar A e^2}{2 mc} \tag{1}$$

a été proposée ([4]) comme étant en accord raisonnable avec les faits.

Il est facile de reprendre les calculs de la Note précédente sur ces nouvelles données. Bien entendu la méthode employée est assez grossière, toutefois nous pensons qu'elle suffit à fournir une réponse à la question purement qualitative que nous posons ici : à savoir, l'effet étudié est-il possible ou non. Nous utilisons, avec les notations d'alors, la formule relativiste approchée

$$\begin{cases} p(k)\,dk = \dfrac{Z^2 e^2}{\pi^2 \hbar c b^2}\dfrac{dk}{k} & \text{pour} \quad k < \dfrac{\gamma \hbar c}{b}, \\ p(k)\,dk = 0 & \text{pour} \quad k > \dfrac{\gamma \hbar c}{b}, \end{cases} \tag{2}$$

$p(k)\,dk$ étant le nombre de photons virtuels d'énergie k, $k+dk$ traversant l'unité d'aire à la distance b de la trajectoire du noyau incident de charge Ze.

Nous particulariserons le problème en étudiant l'exemple simple d'un noyau de C incident de $\beta = 0,8$ agissant sur un noyau de C au repos.

Nous devons exiger tout d'abord qu'à la distance b des deux noyaux l'énergie maxima $\gamma \hbar c/b$ des photons virtuels soit supérieure ou égale à l'énergie

---

([2]) Pr. WHEELER, Communication privée; WEISSKOPF, id. par l'intermédiaire du Professeur Leprince-Ringuet.

([3]) BALDWIN et KLAIBER, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 3 et *ibid.* 73, 1948, p. 1156.

([4]) GOLDHABER et TELLER, *Phys. Rev.* 74, 1948, p. 1046.

de résonance qui est ici de 30 MeV environ. Ceci donne une distance maxima

(3) $$b_{\max} \approx 4,6 r_0 \gamma$$

(r_0) rayon d'action des forces nucléaires), au delà de laquelle l'effet est certainement impossible.

Pour que l'effet ait réellement lieu, il suffit alors que : 1° $b_{\max}$ soit plus grand que la somme $R_1 + R_2$ des rayons des deux noyaux; 2° que l'énergie d'excitation W communiquée au noyau par la capture des photons virtuels soit d'un ordre de grandeur suffisant.

La première condition est assez bien satisfaite dans notre exemple $[\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2} > 1]$ car $R_1 + R_2 = 2 r_0 \sqrt[3]{12} = 4,6 r_0$. Ainsi pour

(4) $$b_{\max} \approx 1,66 (R_1 + R_2).$$

En ce qui concerne la seconde condition, l'énergie absorbée par le noyau au repos est d'après (2) et (1)

(5) $$W = \int k \rho(k) \sigma(k)\, dk \approx k_{\text{rés.}} \rho(k_{\text{rés.}}) \int \sigma(k)\, dk = \frac{Z^2 e^2}{\pi^2 \hbar c b^2} \frac{\pi^2 \hbar A e^2}{2 mc}.$$

Dans notre exemple on obtient ainsi $W = 7,4$ MeV, énergie d'excitation déjà suffisante pour l'émission d'une particule chargée observable [noter toutefois que la formule (1) n'est pas certaine].

Il convient de remarquer que la probabilité d'un tel effet, qui est relativement assez grande dans notre exemple en vertu de (4), devient beaucoup plus faible dans le cas des protons rapides à cause de leur charge moins grande (ce qui diminue considérablement W) et également, plus faible dans le cas où le noyau au repos est un noyau lourd à cause du rayon plus grand de ce dernier.

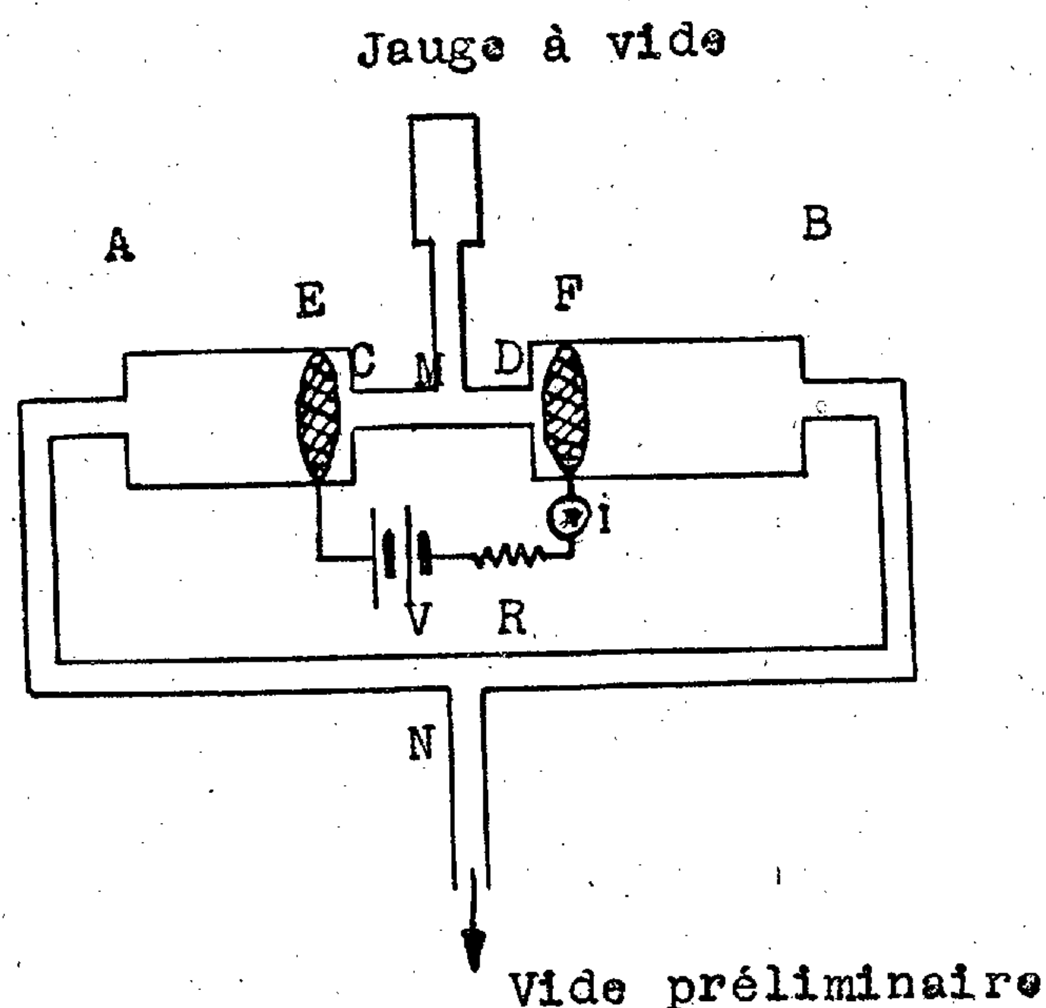
Nous concluons donc maintenant que, compte tenu des récents résultats expérimentaux sur l'absorption nucléaire des rayons γ, l'effet d'excitation nucléaire par processus purement électromagnétique apparaît comme possible dans le cas de noyaux légers, rapides, agissant sur les noyaux légers.

TECHNIQUE DU VIDE. — *Sur la possibilité d'utiliser l'ionisation des molécules gazeuses pour réaliser de basses pressions.* Note (*) de M. **Robert Champeix**, présentée par M. Camille Gutton.

1. On sait qu'une décharge électrique se produisant entre deux électrodes placées dans un gaz raréfié, entraîne fréquemment un abaissement important de la pression. Ce phénomène se rencontre avec une netteté particulière dans les tubes de radio. On sait en effet qu'une triode dans laquelle la pression est trop élevée peut être grandement améliorée par le passage du flux électro-

(*) Séance du 26 juin 1950.

nique. Une constatation analogue peut être faite lors de l'emploi d'une jauge à ionisation ; sa mise en fonctionnement s'accompagne souvent d'une baisse de pression dans l'enceinte de la jauge, ce qui peut provoquer d'importantes erreurs de mesure.



Il est probable que ces phénomènes sont dus à ce que les ions gazeux produits se déplacent dans les champs électriques existant entre les électrodes, arrivent sur ces dernières avec de grandes vitesses, et y sont énergiquement adsorbés.

2. Nous avons pensé utiliser l'aptitude des ions gazeux à se déplacer dans les champs électriques, pour abaisser systématiquement la pression dans un récipient. Nous avons pour cela réalisé l'expérience suivante :

Un tube de verre AB, d'environ 20^{mm} de diamètre, comporte en son milieu un étranglement CD, dont la longueur est de 80^{mm} et le diamètre intérieur de 6^{mm}. En E et F sont placées deux électrodes constituées par des disques de tamis de nickel à mailles fines. Les extrémités AB sont reliées à une pompe abaissant la pression vers 10^{-1} mm de mercure. En M est soudé un tube relié à une jauge à vide (micromanomètre Penning, à cathode froide).

Dans ces conditions, si l'on établit entre les électrodes E et F une différence de potentiel continue de l'ordre de 2 000 V, en plaçant en série dans le circuit une résistance de 20 000 Ω, il s'établit une décharge dans le tube CD.

On voit aussitôt la jauge indiquer une diminution de pression, laquelle se stabilise au bout d'une dizaine de secondes vers 10^{-4} mm. En même temps la décharge qui était très forte dans la région CD, au début de l'opération, diminue graduellement et se maintient à une faible intensité. Du reste,

l'ampèremètre I montre que le courant de décharge qui était initialement de 15 mA est tombé à 5 mA.

Si l'on interrompt ensuite le courant de décharge, on voit la pression remonter dans la jauge et reprendre sa valeur initiale en quelques secondes. Un nouveau rétablissement de la décharge entraîne une nouvelle diminution de la pression et ainsi de suite.

3. Il semble que l'on puisse donner de ces phénomènes l'explication suivante : les molécules provenant de la jauge et arrivant en M se trouvent soumises au choc des ions et des électrons de la décharge et sont donc ionisées à leur tour. Les ions obtenus se déplacent suivant le signe de leur charge dans le sens ou en sens inverse du champ électrique. Arrivés au contact des électrodes E ou F, ils perdent leur charge, mais se trouvent placés alors dans la région d'action du vide préliminaire et ils sont entraînés.

Il est bien évident que le dispositif que nous venons de décrire ne peut abaisser indéfiniment la pression, puisque l'ionisation est due à la décharge, qui dépend elle-même de l'existence d'une certaine quantité de gaz dans la canalisation.

Les performances d'une telle *pompe à ionisation* seraient par contre grandement améliorées si l'on rendait l'agent ionisant indépendant de la décharge elle-même. Le système le plus simple consisterait alors à provoquer l'ionisation grâce à un faisceau d'électrons émis, dans le tube CD, par une cathode thermionique. La pression ne serait dans ce cas limitée inférieurement que par la probabilité d'ionisation des molécules (1).

ACOUSTIQUE. — *Mesure des intervalles harmoniques de la gamme par la méthode de consonances subjectives.* Note (*) de M. **Mehdi Barkechli**, présentée par M. Aimé Cotton.

Mesure oscillographique des intervalles harmoniques avec un dispositif électrostatique fixé sur la touche d'un violon. Les résultats obtenus confirment ceux de Cornu et Mercadier relatifs à l'existence de deux gammes, l'une mélodique et l'autre harmonique.

A la suite d'expériences relatives à la mesure des intervalles de la gamme, Cornu et Mercadier (1) conclurent à l'existence de deux types de gammes : l'une, mélodique, concordant avec celle de Pythagore et l'autre, harmonique, correspondant à la gamme naturelle.

---

(1) Brevet français, P. V. 532.839.

(*) Séance du 26 juin 1950.

(1) Cornu et Mercadier, *Comptes rendus*, 68, 1869, p. 301-308 et p. 424-427; 74, 1872, p. 321-323; 76, 1873, p. 431-434.

Small ([2]), Greene ([3]), Van Esbroeck et Monfort ([4]) étudiant les intervalles mélodiques par des procédés électriques plus perfectionnés, sont arrivés à la même conclusion que celle de Cornu et Mercadier; nous l'avons également retrouvée en étudiant la gamme iranienne ([5]). Le problème des intervalles harmoniques, techniquement plus difficile, restait cependant entier.

Nous avons repris la mesure des intervalles harmoniques à l'aide d'un appareillage oscillographique et d'un dispositif électrostatique comportant deux électrodes fixées sur la touche au-dessous de chacune des cordes d'un violon, sur lequel nous exécutions des accords en *double corde* : les tensions issues de chacune des électrodes portées à un potentiel continu (microphone électrostatique) étaient amplifiées et appliquées séparément sur les deux voies d'un commutateur électronique, et sur un oscillographe muni d'une caméra.

Le dépouillement des films obtenus, qui pouvaient atteindre une précision de l'ordre de 1/10 000 sur 500 vibrations en moyenne, a donné les résultats suivants :

1° La sensibilité de l'oreille est bien supérieure à ce que permettraient d'augurer les mesures de seuil différentiel effectuées avec des oscillateurs sinusoïdaux ([6]). Elle atteint facilement 1/10 000, soit 0,05 savart.

2° La quarte paraît plus *précise* que la quinte et l'octave, ce qui explique qu'elle ait été considérée par les anciens comme le cadre mélodique essentiel.

3° L'ensemble des intervalles harmoniques appartient sans aucun doute à la gamme naturelle dont il est beaucoup plus rapproché que de celle de Pythagore (*cf.* tierce et sixte majeures et mineures).

4° Un intervalle pris dans les domaines des sons graves (au-dessous de 400 p : s) apparaît moins *précis* que s'il est pris dans la quinte plus aiguë. La sensibilité de l'oreille à la consonance semble meilleure pour les fréquences moyennes que pour les graves (*cf.* quintes et sixte mineures).

Ces expériences, où la personne de l'exécutant joue évidemment un certain rôle, confirment donc dans l'ensemble les résultats de Cornu et Mercadier relatifs à l'existence de deux gammes, mélodique et harmonique.

([2]) A. M. Small, *University of Iowa Studies in the psy. of Music.*, 4, 1937, p. 172-231.

([3]) P. C. Greene, *O. C. Sub* (2), p. 232-251; *J. Acous. Soc. Amer.*, 9, 1937, p. 43-44.

([4]) Van Eabroeck et F. Monfort, *Qu'est-ce que jouer juste?* Bruxelles, 1946.

([5]) M. Barkechli, *Thèse*, Paris, 1948; *Ann. Télécommunications*, 5, n° 5, 1950.

([6]) E. G. Shower et R. Biddulph, *J. Acous. Amer.*, 3, 1937, p. 275-287.

CHALEUR. — *Fours à accumulation d'énergie solaire.* Note (*) de MM. **Félix Trombe, Marc Foëx** et M[lle] **Charlotte Henry la Blanchetais**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons montré précédemment ([1]), ([2]), ([3]) différentes conditions d'action du rayonnement solaire, en particulier le chauffage par accumulation d'énergie dans une cavité calorifugée.

L'étude d'un tel dispositif a pu être faite à Mont-Louis (Pyrénées-Orientales) à l'aide de montages automatiques construits grâce à l'appui du Centre National de la Recherche scientifique, de la Direction des Poudres et de la Direction technique et industrielle de l'Air. Ces appareils permettent la concentration, en un point fixe de l'espace, de l'énergie solaire. Cette énergie est admise dans le *four solaire* par un orifice ayant un diamètre un peu supérieur à celui de l'image du Soleil.

Dans nos essais, le rayonnement est concentré sur l'orifice du four par un miroir parabolique, d'axe horizontal, de 3^{m^2} de surface totale. L'énergie reçue est un peu supérieure à 2 kW lorsque la *constante solaire* au sol atteint 1 kW/m², valeur observée fréquemment à Mont-Louis (altitude : $1\,600^m$).

Les fours de capacité inférieure ou égale à 1^l sont constitués par un pisé réfractaire riche en alumine, calorifugé par de l'alumine calcinée en poudre (densité apparente : 1,0) et entouré par une enveloppe en tôle d'aluminium; ceux de plus gros volume (2 et 5^l) sont réalisés au moyen de briques réfractaires silico-alumineuses. Les fours à très haute température sont en alumine pure (four de 130^{cm^3}) ou en magnésie (four de 30^{cm^3}). La face réceptrice disposée verticalement est évidée intérieurement et extérieurement en forme de cône pour permettre l'admission du rayonnement (angle au sommet : 120°).

Tous les fours ont des formes semblables et possèdent des calorifuges de pouvoir isolant comparable. Dans ces conditions, les pertes calorifiques sont fonction de la surface de leurs parois, et les température maxima atteintes sont d'autant plus élevées que le volume de la capacité chauffée est plus faible (*fig.* 1). En raison de la grande ouverture du miroir parabolique utilisé, la face réceptrice de l'énergie doit être relativement mince autour de l'orifice d'accès du rayonnement solaire. Il s'ensuit que, dans nos expériences à très haute température, les pertes calorifiques de la face réceptrice représentent une part importante des pertes totales.

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 317.

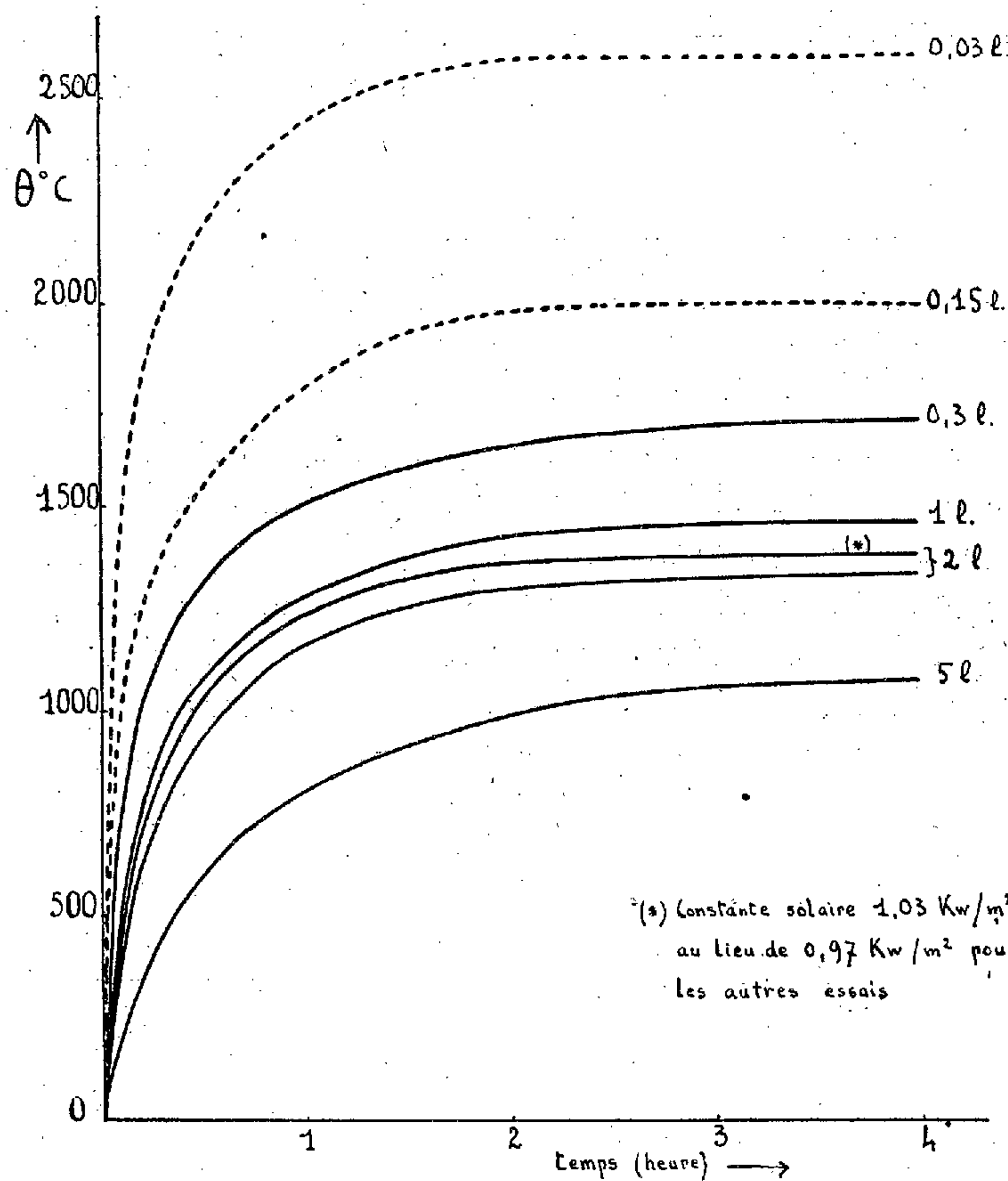
([2]) F. Trombe, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 986.

([3]) F. Trombe, M. Foëx et Ch. Henry la Blanchetais, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1107

La formule suivante :

$$(\theta_m - \theta_a)^4 = \alpha E,$$

dans laquelle θ_a représente la température ambiante, E la densité énergétique (énergie par unité de surface) et θ_m la température maximum atteinte, permet



de calculer cette dernière. En prenant comme base de calcul de la constante α les valeurs expérimentales obtenues pour le four de 1[l], on trouve :

Capacité (cm³).	Surface des parois internes (cm²).	Densité énergétique E sur la surface interne (W/cm²).	Température maximum observée (°C).	Température maximum calculée (°C).
5 000	1 750	1,20	1 070	1 122
2 000	950	2,21	1 350	1 304
1 000	**600**	**3,50**	**1 460**	**1 460**
300	270	7,78	1 710	1 778
150	154	13,64	2 000	2 043
30	53	39,6	2 600	2 660

Les fours à accumulation d'énergie solaire présentent, même pour de faibles puissance (2 à 3 kW), un grand intérêt pour le traitement de quantités relativement importantes de matières. Ainsi le four de 300$^{cm^3}$ que nous avons réalisé permet de fondre aisément une masse homogène de fer de plus de 1^{kg}.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Étude de la désorption des couches superficielles à pression constante.* Note (*) de Mme **Lisbeth Sharaga**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'étude de la désorption d'un film d'acide laurique maintenu sous pression constante montre que : *a*, le phénomène est régi par la diffusion et que à chaque instant il y a équilibre entre le film et la couche de solution immédiatement sous-jacente; *b*, la diffusion a lieu dans une zone de liquide calme sous le film (couche de diffusion) qu'on met en évidence par des méthodes directes.

On étudie le mécanisme de la désorption d'un film légèrement soluble (acide laurique étalé sur HCl N/100 afin d'éviter l'ionisation) ([1]). Le *barostat*, utilisé pour maintenir constante la pression du film ([2]), est un manomètre superficiel à suspension pendulaire ([3]), où la pièce pendulaire, en se déplaçant lorsque la pression décroît, rompt un contact électrique (platine-mercure) et provoque, grâce à un relai et un moteur, la progression d'un *piston* qui diminue l'aire du film (pression régularisée à ±0,05 dyne/cm).

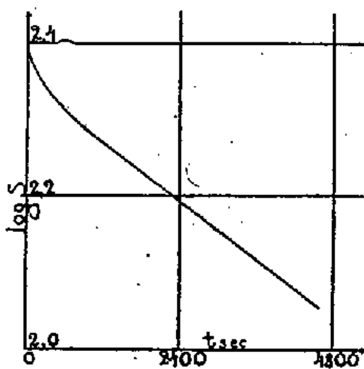


Fig. 1.

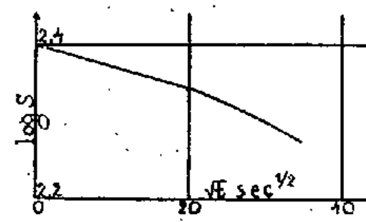


Fig. 2.

Fig. 1. — Courbe de désorption. Liquide HCl 0,01 N; temp. 19° C; $p = 7{,}1$ dyn/cm; $k_p = 1{,}57 \times 10^{-4}$ sec^{-1}.
Fig. 2. — Régime variable. Liquide HCl 0,01 N; temp. 19° C; $p = 7{,}1$ dyn/cm; $k_v = 7{,}8 \times 10^{-3}$ sec$^{-1/2}$.

Le corps à étudier est étalé sous faible pression et ensuite comprimé à la pression voulue. On porte le log de l'aire du film S en fonction du temps t (courbe de désorption, *fig.* 1).

Soient σ l'aire moléculaire, δ la densité superficielle, N le nombre de molécules

(*) Séance du 12 juin 1950.

([1]) Dans les travaux antérieurs sur la désorption, le phénomène est lié à une réaction chimique (Lyons et Rideal, *Proc. Roy. Soc.*, A, **124**, 1929, p. 344) ou à la décomposition d'un complexe superficiel (Schulman et Stenhagen, *Proc. Roy. Soc.*, B, **126**, 1939, p. 356).

([2]) Guastalla et Mirashan Sharaga, *Surface Chemistry*, 1949, p. 103.

([3]) Guastalla, *Cah. de Phys.*, 2e série, 1942, p. 30 (*fig.* 4).

occupant l'aire S, Φ le débit moléculaire par centimètre carré et par seconde et k la pente de la courbe ; on a

$$(1)\qquad -\frac{d\,\mathrm{Log}\,S}{dt}=k=\frac{-\sigma\,dN}{S\,dt}=\frac{1}{\delta}\Phi,\qquad \left(S=N\sigma=\frac{N}{\delta}\right),$$

c'est-à-dire que débit = pente × densité superficielle (constante pour une pression donnée).

Les variations d'ordonnée de la courbe de désorption mesurent (à un facteur constant près) le nombre de molécules qui quittent un centimètre carré de la surface pendant l'intervalle de temps correspondant :

$$(\mathrm{II})\qquad \mathrm{Log}\,\frac{S_0}{S}=\sigma\int_0^t \Phi(t)\,dt.$$

On peut admettre que le film déposé est identique à un film d'adsorption de même pression [vérification de l'équation de Gibbs ([4])] et que la *couche de liquide* immédiatement sous-jacente est pratiquement en équilibre d'adsorption avec le *film déposé*, de telle sorte que la désorption est régie par la *diffusion* des molécules dissoutes dans la couche sous-jacente. Dans ces conditions l'examen de la figure 1 montre que la désorption commence par un *régime variable* (débit décroissant) et continue par un *régime permanent* (débit constant, partie rectiligne).

a. Régime variable. — Soit D la constante de diffusion de l'acide laurique dans l'eau et C_a la concentration dans la couche immédiatement sous-jacente ([5]). Supposons D indépendant de la concentration ($C_a \approx 10^{-6}$ mol/l). Un calcul classique ([6]) donne

$$(\mathrm{III})\qquad \Phi(t)=C_a\sqrt{\frac{D}{\pi t}}.$$

De (III) et (II) on tire l'équation de la courbe de désorption,

$$(\mathrm{IV})\qquad \mathrm{Log}\,S=\mathrm{Log}\,S_0-2\frac{C_a}{\delta}\sqrt{\frac{D}{\pi}}\sqrt{t},\qquad \left(2\frac{C_a}{\delta}\sqrt{\frac{D}{\pi}}=k_v\right).$$

La figure 2 où le log de S est porté en fonction de la racine carrée du temps montre une bonne concordance entre la loi du régime variable et l'expérience à son début.

b. Régime permanent. — Un régime permanent de diffusion ne peut s'expliquer que par l'existence de courants de convection qui brassent le liquide loin de la surface et limitent la diffusion à une région plus calme sous la surface : *couche de diffusion* au-dessous de laquelle la concentration reste négligeable.

([4]) Mibashan-Sharaga, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 822-824.
([5]) Frumkin, *Zeits. Physik. Chem.*, **116**, 1925, p. 466.
([6]) *Cf.* Duclaux, *Diffusion dans les liquides* (*Act. Sci. et Ind.*, **1**, 1936, p. 8).

Tant que dure le régime permanent, la couche de diffusion, dont l'épaisseur est ε, est le siège d'un gradient de concentration indépendant du temps et uniforme. Le débit superficiel est alors

$$\Phi = C_a \frac{D}{\varepsilon}. \qquad \text{(V)}$$

La courbe de désorption a alors pour équation

$$\operatorname{Log} S = \text{const.} - \frac{C_a}{\delta} \frac{D}{\varepsilon} t \qquad \left(\frac{C_a}{\delta} \frac{D}{\varepsilon} = k_p\right). \qquad \text{(VI)}$$

Mise en évidence de la couche de diffusion. — Le processus régi par la diffusion est très sensible à l'agitation du liquide. On peut augmenter sa vitesse par exemple de 50 % (sans modifier sensiblement la température) en plaçant une lampe de poche sous la cuve contenant le liquide, produisant ainsi des courants de convection qui vont diminuer ε.

Une suspension de poudre d'aluminium dans HCl N/100, fortement éclairée, et dont la surface est couverte d'un film, présente sous la surface une bande sombre d'environ $0^{mm},5$, exempte de courants de convection, où la poudre a pu se sédimenter ([7]) (épaisseur à rapprocher des résultats du calcul ci-dessus).

ÉLECTROTECHNIQUE. — *L'amortissement des ondes électriques transitoires ou périodiques le long des lignes polyphasées.* Note (*) de M. **René Pélissier**, présentée par M. Georges Darrieus.

Le calcul des amortissements sur une ligne simple, donné dans deux Notes antérieures, est étendu aux lignes polyphasées. Cela permet de donner une explication correcte de l'amortissement des ondes de foudre. On généralise par ailleurs une propriété signalée par M. Chevalier pour les ondes à haute fréquence.

La propagation et l'amortissement des ondes sur les lignes électriques simples peuvent être représentés par deux équations différentielles symboliques, du premier ordre par rapport à la variable espace x et données dans une Note précédente. Pour une ligne polyphasée de n conducteurs, il faut en général un système d'équations différentielles d'ordre $2(n-1)$.

Si l'excitation du régime transitoire ou périodique est appliquée entre deux des conducteurs de la ligne polyphasée, il suffit que ces deux conducteurs aient exactement les mêmes caractéristiques pour qu'aucun phénomène induit n'apparaisse sur les autres conducteurs de la ligne. En effet, le système d'excitation injecte deux courants égaux et de signes contraires dans les deux fils qui prennent des charges linéiques égales et de signe contraire. Les coefficients d'amortissement étant supposés les mêmes, l'égalité des valeurs absolues des

([7]) Bénard, *Ann. Chim. Phys.*, 7e série, 23, 1901, p. 62.

(*) Séance du 12 juin 1950.

charges et des courants se conserve dans la propagation, et les autres conducteurs ne portent aucune charge ni aucun courant. L'apparition de phénomènes induits sur les conducteurs voisins est donc liée à l'existence d'une dissymétrie entre les deux conducteurs excités. Ces phénomènes, qu'ils soient transitoires ou périodiques, seront donc atténués par toute disposition tendant à rapprocher de la symétrie.

Considérons le cas d'une ligne constituée seulement de deux fils métalliques identiques, de longueur infinie, situés à même hauteur au-dessus du sol et initialement isolés de lui et entre eux en tous points. Supposons que l'on applique une onde à front infiniment raide (échelon de tension) à l'origine de la ligne entre un seul des fils (fil 1) et le sol. On peut négliger la conductance de fuite et écrire pour les deux fils les équations symboliques :

$$(1)\qquad \frac{\partial i_1}{\partial x}=-p q_1, \qquad \frac{\partial i_2}{\partial x}=-p q_2;$$

$$(2)\qquad \left\{\begin{aligned} -\frac{1}{C}\frac{\partial q_1}{\partial x}-\frac{1}{\gamma}\frac{\partial q_2}{\partial x}+\frac{b_S}{C\sqrt{p}}\frac{\partial(q_1+q_2)}{\partial x}&=\frac{(a_P+b_P\sqrt{p}+p)}{Cv_0^2}i_1+\frac{1}{\gamma v_0^2}i_2,\\ -\frac{1}{\gamma}\frac{\partial q_1}{\partial x}-\frac{1}{C}\frac{\partial q_2}{\partial x}+\frac{b_S}{C\sqrt{p}}\frac{\partial(q_1+q_2)}{\partial x}&=\frac{1}{\gamma v_0^2}i_1+\frac{(a_P+b_P\sqrt{p}+p)}{Cv_0^2}i_2,\end{aligned}\right.$$

en appelant C la capacité entre l'un des fils et le sol et γ un coefficient d'induction entre les deux circuits formés respectivement par l'un des fils et le sol.

Ces formules peuvent s'écrire avec une très bonne approximation ($1/\gamma$ est négligeable devant a_p/C)

$$(3)\qquad \left\{\begin{aligned} \left[\frac{1}{C}\left(1-\frac{b_S}{\sqrt{p}}\right)+\frac{1}{\gamma}\right]\frac{\partial(q_1+q_2)}{\partial x}&=\frac{a_p+b_p\sqrt{p}+p}{Cv_0^2}(i_1+i_2),\\ \left(\frac{1}{C}-\frac{1}{\gamma}\right)\frac{\partial(q_1-q_2)}{\partial x}&=\frac{a_P+b_P\sqrt{p}+p}{Cv_0^2}(i_1-i_2).\end{aligned}\right.$$

Les charges portées par les conducteurs se décomposent en deux couples :

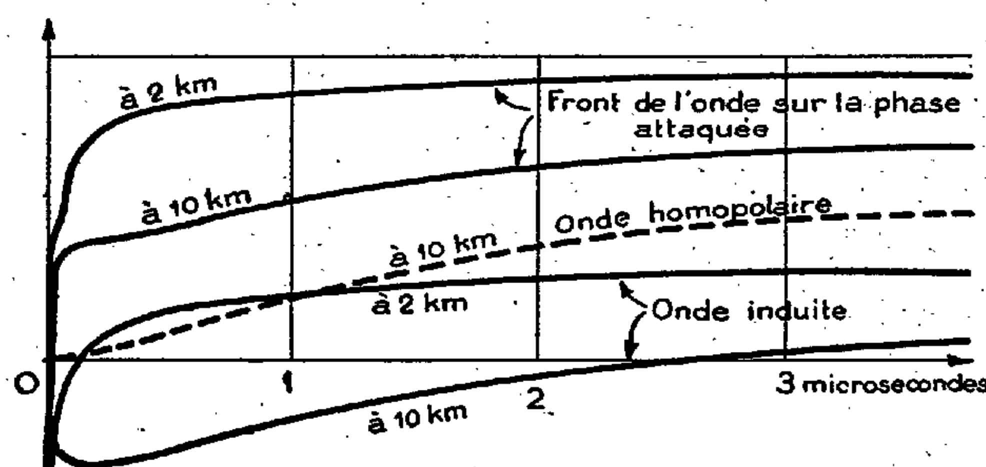
1° $+Q_c$ et $-Q_c$ se propageant entre les deux câbles métalliques et amortis par le seul effet de peau;

2° $+2Q_h$ et $-2Q_h$ (homopolaires) se propageant entre le sol et les deux câbles ($2Q_h$ se répartit ici symétriquement entre les deux câbles) et amorties par l'effet du retour par le sol.

A l'origine de la ligne et à l'instant initial, les conditions initiales montrent que $Q_c=Q_h=CU_0/2$.

La Note précédente déjà citée a donné les formules d'amortissement applicables à Q_c et Q_h. L'onde homopolaire Q_h est amortie considérablement plus rapidement que l'onde Q_c. Au bout d'un parcours assez long il n'existera pratiquement sur la ligne qu'une onde se propageant entre les deux câbles, bien que ceux-ci soient isolés en tous points.

Ce mode de distorsion se produit aussi bien pour les régimes transitoires que pour les régimes sinusoïdaux. Elle avait déjà été signalée pour les ondes à haute fréquence par M. Chevallier (¹).



Distorsion du front des ondes inductrices et induites et d'une onde homopolaire sur une ligne à haute tension.

Au bout d'un parcours de quelques kilomètres, une onde à front initialement infiniment raide, se propageant entre l'un des fils et le sol, présentera l'aspect de la figure.

Les ondes de choc se propageant sur les lignes seront amorties de cette manière. Le décrochement que les divers expérimentateurs ont contaté dans le front de ces ondes, s'explique de la façon précédente. Il ne peut pas être expliqué par l'effet de couronne comme cela a été proposé, car d'une part on a vu dans nos Notes antérieures sur les causes d'amortissement des ondes que l'effet de couronne ne produit pas de tel décrochement et ne réduit que très peu la pente du front de l'onde pour les valeurs de tensions pratiquement atteintes, et d'autre part les ondes homopolaires ne présentent jamais de tels décrochements, quelle que soit leur tension de crête.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Cohésion et polymérisation du chlorure de polyvinyle d'après sa chaleur spécifique.* Note (*) de MM. **Marius Badoche** et **Li-Shu-Hua**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'étude des propriétés diélectriques et notamment des pertes diélectriques du chlorure de polyvinyle non plastifié à l'état solide, en fonction de la fréquence et de la température, met en évidence une relation entre la cohésion moléculaire et le degré de polymérisation (¹).

Les pertes diélectriques montrent que jusqu'à 70° la décohésion moléculaire

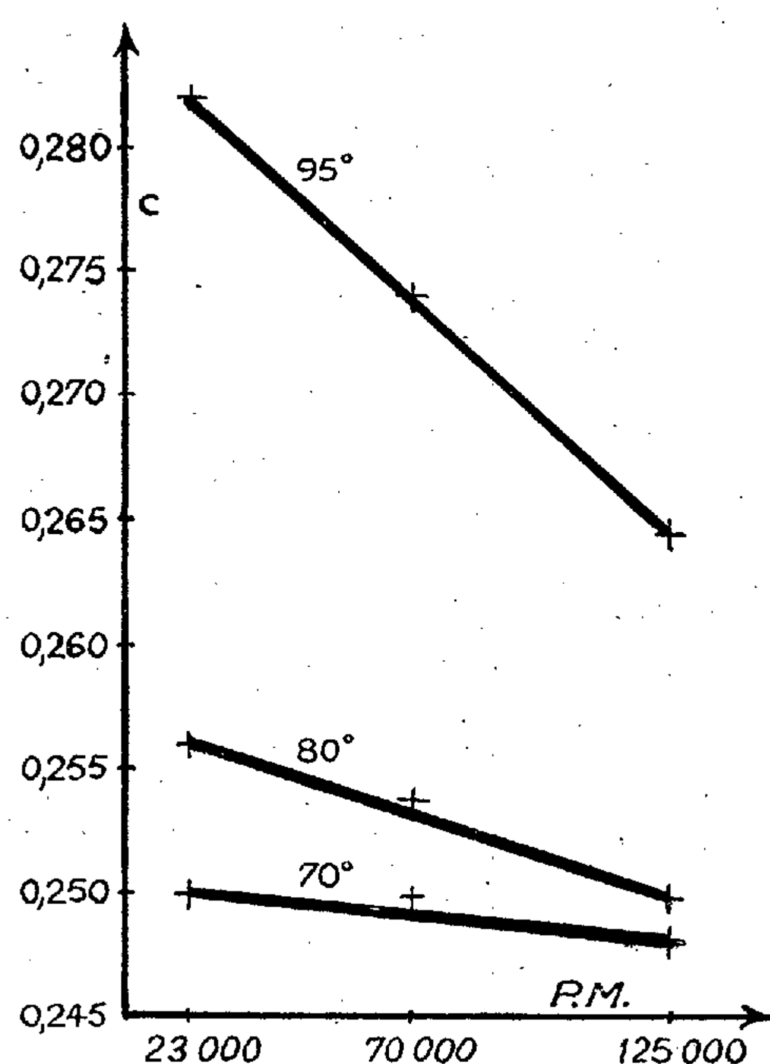
(¹) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 89.

(*) Séance du 26 juin 1950.

(¹) P. Girard, P. Abadie et R. Charbonnière, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1316.

croît régulièrement avec l'élévation de la température indépendamment du poids moléculaire. Puis ce seuil de température franchi, la décohésion s'amplifie brusquement et d'autant plus que le degré de polymérisation est moins élevé.

Nous devons donc nous attendre à ce que jusqu'à 70° l'accroissement de la chaleur spécifique avec la température soit indépendante du degré de polymérisation, conformément à ce qu'avait énoncé M. Berthelot relativement à certains carbures pris sous le même état physique (²). Mais ce seuil de 70° franchi, et la température continuant à croître, la chaleur spécifique devra croître d'autant plus lentement que le degré de polymérisation sera plus élevé. C'est effectivement ce qu'ont confirmé nos expériences.



Nous avons déterminé à 70°, 80° et 95° les chaleurs spécifiques d'échantillons solides de chlorure de polyvinyle non plastifié, découpé au préalable en petits cubes d'environ 5^{mm} de côté. Les poids moléculaires de chaque sorte d'échantillons étaient respectivement de 23 000, 70 000 et 125 000. Au-dessus de 100°, le corps s'altère, perd du Cl et change de couleur sans cesser d'être un solide; il ne se ramollit qu'à 180°.

Le dispositif calorimétrique qui nous a servi est celui préconisé par

---

(²) *Thermochimie; Données numériques*, 1, 1897, p. 163.

Berthelot (3). Les conditions expérimentales, 20g environ de polymère chauffé et introduit dans 250g d'eau du calorimètre, permettaient d'atteindre une élévation de température de l'ordre de 2° avec le polymère chauffé à 95° et seulement de 0°,7 à 70° avec une précision de ± 0°,001. Après échauffement, les polymères restaient inaltérés, car remis plusieurs fois en expérience leur chaleur spécifique demeurait la même à la même température.

Le tableau ci-dessous donne pour chaque cas la moyenne de deux à quatre déterminations. Les valeurs sont bien voisines de celles trouvées à 100° par W. Heuse pour certains échantillons de chlorure de polyvinyle (4).

	Chaleurs spécifiques		
P. M.	à 70°.	à 80°.	à 95°.
23 000	0,250	0,256	0,282
70 000	0,250	0,254	0,274
125 000	0,248	0,250	0,264

En portant en abscisse les poids moléculaires, P. M., et en ordonnée les chaleurs spécifiques C des polymères, on obtient pour chacune des températures de 70°, 80° et 95°, une courbe qui est sensiblement une droite. Pour un P. M. donné, la chaleur spécifique croît avec la température comme c'est le cas habituel. A 70°, la droite est sensiblement parallèle à l'abscisse. Mais on voit qu'il n'en est plus du tout de même à 80°, et surtout à 95°, où la chaleur spécifique augmente d'autant plus que le poids moléculaire est plus petit.

En somme les données diélectriques et les données thermochimiques sont en accord pour nous montrer, dans le cas d'une grosse molécule plastique, que la résistance à la décohésion moléculaire par la chaleur devient, à partir d'une certaine température, fonction du degré de polymérisation de la grosse molécule.

Enfin au point de vue pratique, il est intéressant de noter que les données diélectriques et les données thermochimiques, se contrôlant mutuellement, peuvent être un précieux moyen d'identification du poids moléculaire des résines synthétiques à l'état solide.

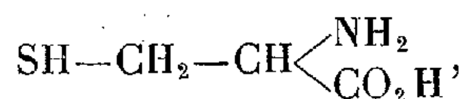
(3) *Traité pratique de calorimétrie chimique*, 1905, p. 123 et 185.

(4) W. Heuse, *Kunststoffe*, 39, 1949, p. 41.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude électrochimique de la formation de complexes entre l'ion argent et la cystéine.* Note de Mme **Suzanne Valladas-Dubois**, présentée par M. Paul Pascal.

La cystéine forme, avec l'ion argent, des complexes dans toute l'échelle de pH. Deux complexes ont été identifiés : l'un en milieu alcalin, d'une stabilité remarquable, et l'autre en milieu acide. Ce comportement de la cystéine, très différent de celui de la glycine, s'expliquerait par la présence du groupe SH.

Après l'étude [1] des complexes du glycocolle et de l'ion argent, il m'a paru intéressant d'aborder celle des complexes correspondants de la cystéine



$$SH-CH_2-CH\langle^{NH_2}_{CO_2H},$$

cet acide aminé se différenciant de la glycine par la présence d'un groupe sulfhydrile dans sa molécule.

On sait que la cystéine forme des complexes avec un certain nombre de métaux lourds (Co, Hg, Pb); avec l'argent lui-même quelques résultats fragmentaires ont été obtenus [2].

J'ai mis d'abord en évidence l'existence des complexes d'argent de la cystéine par des mesures potentiométriques, parallèlement à ce que j'ai fait dans un travail antérieur [1]. On détermine, dans une solution de l'acide aminé, les variations de l'activité des ions Ag^+ libres, (a_{Ag^+}), en fonction du pH. J'ai opéré sur 100^{cm^3} de cystéine N/150 et N/300, à laquelle j'ai ajouté 2^{cm^3} de nitrate d'argent N/100.

La courbe obtenue diffère de celle de la glycine : si l'on retrouve le palier correspondant à une dissimulation maximum de l'argent aux pH basiques, celui de la région acide a disparu; on observe une dissimulation décroissante des ions Ag^+, en allant vers les pH acides, dissimulation qui n'est pas encore nulle pour $pH = 1,3$.

Les complexes d'argent formés ont été ensuite identifiés par la méthode potentiométrique classique [1].

1° *Étude en milieu alcalin.* — On mesure les variations de a_{Ag^+}, quand on ajoute progressivement 1^{cm^3} d'une solution de nitrate d'argent N/10 à 50^{cm^3} d'une solution de cystéine et l'on fait une étude parallèle pour différentes concentrations de l'ampholyte. Toutes les mesures ont été effectuées à force ionique constante ($\mu = 4$).

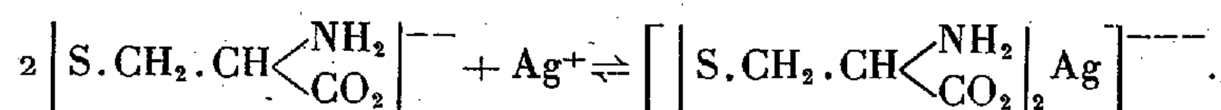
Les solutions de cystéine ont été rendues alcalines avec de la soude

---

(1) S. Valladas-Dubois, *Annales de chimie*, 4, 1949, p. 548-591.

(2) H. Vickery et C. Leavenworth, *J. Biol. Chemistry*, 86, 1930, p. 129; P. W. et D. B. Preisler, *J. Biol. Chemistry*, 89, 1930, p. 631.

($pHk = 11,5$). A ce pH, la fonction COOH : $pk \begin{cases} 8,18 \\ 8,33 \end{cases}$ et la fonction SH : $pk \begin{cases} 10,28 \\ 10,78 \end{cases}$ de l'ampholyte sont entièrement dissociées. Le complexe correspond à deux molécules de cystéine pour une de nitrate d'argent et se forme suivant la réaction :



$$2\left|S.CH_2.CH\begin{matrix}NH_2\\CO_2\end{matrix}\right|^{--} + Ag^+ \rightleftharpoons \left[\left|S.CH_2.CH\begin{matrix}NH_2\\CO_2\end{matrix}\right|_2 Ag\right]^{---}.$$

La constante d'équilibre correspondante est égale à

$$K = \frac{a_{Ag} \times C^2_{cyst}}{C_{Ag,2cyst}} = (B - 2A)^2 \frac{a_{Ag}}{A}.$$

a_{Ag} désigne l'activité des ions Ag^+ dans la solution qui contient B molécules de cystéine et A molécules de nitrate d'argent par litre.

A la température de 19° les résultats sont les suivants :

B...............	N/10.	N/20.	N/40.	N/100.
Log K.............	19,91	19,89	19,87	19,73

Ces valeurs, concordantes, ont comme moyenne :

$$\text{Log}\,K = 19,85, \quad \text{d'où} \quad K_{19°} = 7,1.10^{-19}.$$

2° *Étude en milieu acide.* — La cystéine a été acidifiée par SO_4H_2 jusqu'à $pH = 1,2$. Pour éviter la formation de louches, j'ai opéré sur des solutions diluées : nitrate d'argent N/100, cystéine de N/100 à N/800. Le complexe correspond à une molécule de cystéine pour une molécule de nitrate d'argent.

La constante d'équilibre est donnée par

$$K' = \frac{a_{Ag} \times C_{cyst}}{C_{Ag,\,cyst}} = (B - A)\frac{a_{Ag}}{A}.$$

On obtient la valeur approchée

$$K_{19°} = 3.10^{-7}.$$

En résumé, la cystéine forme avec l'argent des complexes dans toute l'échelle de pH. En milieu alcalin, le complexe $\left[\left|S.CH_2.CH\begin{matrix}NH_2\\CO_2\end{matrix}\right|_2 Ag\right]^{---}$ est très solide, sa stabilité est voisine de celle du cyanure complexe $|Ag(CN)_2|^-$. En milieu acide, l'ion Ag^+ se combine à une seule molécule de cystéine pour former un autre complexe. La cystéine a un comportement très différent de celui de la glycine. Aux pH basiques, les deux complexes ont la même formule, mais la stabilité du complexe de glycine $[(NH_2CH_2CO_2)_2Ag]^-$, mesurée par $K_{19°} = 1,78.10^{-7}$, est faible vis-à-vis de celle du complexe

correspondant de la cystéine. Aux pH acides, seule la cystéine dissimule l'argent.

Dans la formation des complexes cystéine-argent, le groupe sulfhydrile doit donc jouer un rôle important, parallèlement à l'action des groupes carboxyle et amine. Si ces deux dernières fonctions ne sont actives qu'en milieu alcalin, la fonction SH interviendrait à tout pH ([3]).

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Évolution isotherme des équilibres de solubilité dans un système réciproque par addition d'ammoniac. Comparaison avec l'évolution thermique.* Note (*) de MM. **André Chrétien** et **André Gilliot**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons choisi le système H_2O, Cl^-, $SO_4^{=}$, Na^+, K^+ car il présente une certaine variété sans être trop compliqué. Son intérêt pratique est d'ailleurs certain en raison de l'utilisation possible des équilibres correspondants et de leur variation pour obtenir du sulfate de potassium sans utilisation d'acide sulfurique libre.

La présence d'un nouveau constituant, comme l'ammoniac, élève l'ordre d'un système salin d'une unité. Ainsi, un système réciproque, qui est tétraionique, devient d'ordre cinq. Par suite, une même variance nécessite une phase de plus. Un équilibre avec coexistence de trois sels solides n'est que bivariant au lieu de monovariant en l'absence d'ammoniac; et l'invariance nécessite alors cinq solides.

Les équilibres de solubilité sont étudiés sous la pression atmosphérique à température fixée dans un mixte hydroammoniacal de titre fixé. Le titre limite de l'ammoniaque utilisé est 20° B. On détermine plusieurs diagrammes isoammoniacaux, jusqu'à six, pour chacune des températures considérées (20°, 0°, — 15°).

Une variation isotherme du titre de l'ammoniaque produit deux effets, quel que soit l'ordre du système : modification des solubilités et variation des domaines de cristallisation. Ce sont ceux-là même que produit une variation de température. Les phénomènes se différencient par le sens de la variation.

1° Voici des exemples de variation de solubilité par addition d'ammoniac :

— dans le système des deux sels de potassium, la solution saturée de chlorure et de sulfate à 20° s'appauvrit progressivement en chaque sel;

— dans le système des deux chlorures, la solution saturée des deux sels s'appauvrit tout d'abord en chacun d'eux, puis elle continue à s'appauvrir en

---

([3]) Il serait intéressant d'étudier, à ce point de vue, le comportement de l'acide thioglycolique : $SH.CH_2.CO_2H$, qui ne possède pas de fonction amine. Des expériences semblent montrer une analogie entre cet acide et la cystéine.

(*) Séance du 19 juin 1950.

chlorure de potassium alors qu'elle s'enrichit en chlorure de sodium. La concentration du chlorure de sodium y passe donc par un minimum par addition d'ammoniac.

Les solubilités des sels dans l'eau sont donc modifiées d'une manière analogue qualitativement par *abaissement* de *température* ou par *élévation* de *la concentration en ammoniac*.

2° L'influence mutuelle des sels sur leur solubilité se retrouve si au lieu de l'eau on utilise de l'ammoniaque. Ainsi, pour un système de deux sels donnant trois ions, la ligne d'équilibres conserve la même allure, et dans le cas le plus simple le point commun à ses deux branches définit la solution *constante*. Mais, après avoir seulement modifié les domaines de cristallisation respectifs des sels, l'élévation du titre en ammoniac peut provoquer la disparition d'une phase saline ou, au contraire, en faire cristalliser une autre. Il en résulte un changement de type du diagramme d'équilibre, avec rencontre des phénomènes remarquables qui y sont liés.

Voici deux exemples caractéristiques des changements possibles :

— disparition du sel de Glauber comme phase solide au-dessous de 32°,4, sa température de transition habituelle;

A 20°, en l'absence de tout autre sel, sulfate anhydre et décahydrate coexistent en présence d'une solution titrant 18g NH_3 pour 100g d'eau. En présence des deux autres ions formant le système réciproque (Cl^- et K^+), le sel de Glauber disparaît lorsque le titre de l'ammoniac atteint 23g,4 NH_3 pour 100g d'eau.

— extension du domaine de cristallisation de la glasérite;

On sait que ce sel double (SO_4Na_2, $3SO_4K_2$) n'intervient comme phase solide dans le ternaire $SO_4^{=}$, Na^+, K^+ qu'aux températures supérieures à +1°8.

A 0°, en l'absence de tout autre sel, on retrouve la glasérite à partir d'un titre de 6gNH_3 pour 100g d'eau. Le sel double existe dans le système réciproque, mais avec un domaine très réduit. Ce domaine s'étend rapidement par addition d'ammoniac, entraînant deux changements de type du diagramme : l'un donne un équilibre avec coexistence de quatre sels (ClK — $ClNa$ — SO_4Na_2, $10H_2O$ — glasérite), rencontré pour 3g,5 NH_3 pour 100g d'eau, et il en résulte la disparition de deux points de trois sels, qui sont remplacés par deux nouveaux; l'autre changement correspond à l'apparition de la glasérite dans le système des deux sulfates, il s'accompagne de la disparition d'un point de trois sels.

Ainsi, l'*addition d'ammoniac* limite le domaine de cristallisation du sel de Glauber, et étend celui de la glasérite; résultat analogue à celui que produit une *élévation de température*.

En conclusion : la considération d'un système de sels réciproque met en évidence une analogie qualitative entre les diagrammes d'équilibres isother-

miques-polyammoniacaux et polythermiques-aqueux. Par suite, les divers problèmes qui se rencontrent dans l'étude ou le traitement des mélanges salins (dissolution, cristallisation, fractionnement) peuvent être résolus par utilisation d'un paramètre comme l'ammoniac au lieu de la température qui est utilisée d'une manière traditionnelle. Les avantages de traitements isothermes peuvent être très marquants, aussi bien par modification des rendements que par simplification des opérations.

Il est curieux de constater que les deux actions : modification des solubilités individuelles et mutuelles, changement d'étendue et de forme des domaines de cristallisation, se différencient quand on compare l'action de l'ammoniac à celle de la température : addition d'ammoniac et élévation de température agissent en *sens inverse sur les solubilités*, et dans le *même sens sur* les *domaines de cristallisation*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le paradiméthylaminophénylacétylène.* Note de M. **Pierre Barbieri**, présentée par M. Charles Dufraisse.

On décrit un dérivé aminé de l'ω-bromostyrolène et du phénylacétylène, ainsi que plusieurs sels métalliques de ce dernier. Un de ces sels est intéressant car il se prête directement à la condensation avec les cétones, type benzophénone, aminée ou non.

En vue de la synthèse de carbinols triphénylpropargyliques aminés, substances mères des rubrènes, j'ai eu besoin du *p*-diméthylaminophénylacétylène. A ma surprise, la description de ce composé, si simple au point de vue structural, n'a pas encore été faite. La raison de cette lacune doit être la sensibilité conférée à la molécule par la présence du groupe aminé; en tout cas c'est cette difficulté que j'ai dû surmonter pour obtenir le corps.

La méthode utilisée est, en principe, celle qu'a suivie Bertin pour l'α-naphtylacétylène [1]; elle donne, en plus de l'acétylénique, un dérivé aminé de l'ω-bromostyrolène, lui aussi non décrit à ma connaissance jusqu'à ce jour.

Le point de départ est l'éther éthylique de l'acide *p*-diméthylaminocinnamique [2] ($C_{13}H_{17}O_2N$) obtenu par la condensation de l'acétate d'éthyle sur le *p*-diméthylaminobenzaldéhyde. Le dit éther s'hydrolyse avec d'excellents rendements en acide *p*-diméthylaminocinnamique [2] ($C_{11}H_{13}O_2N$) F_{inst} 255° avec décomposition (Weil indique 216°). La bromuration de cet acide aurait dû me donner normalement l'acide dibromo-2.3 (*p*-diméthylaminophényl)-3 propionique. En fait, je n'ai pu isoler ce corps, vu son instabilité extrême : il se décarboxyle et perd une molécule d'hydracide au fur et à mesure de sa

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 660.
(2) Lotte Weil, *M.* 29, 1908, p. 895.

formation pour donner le bromo-2 (*p*-diméthylaminophényl) éthylène, ($C_{10}H_{12}NBr$), $(CH_3)_2N\text{-}C_6H_4\text{-}CH=CHBr$.

Cette bromuration est délicate à conduire. On opère à l'abri de la lumière du jour, vers 5° au-dessous de 0°, en versant une solution chloroformique de brome (10g Br_2 pour 100cm³ de chloroforme), 2cm³ par 2cm³, sur l'acide finement broyé; l'huile obtenue est lavée au sulfite, puis au carbonate de sodium, en présence de chloroforme. Les solutions du dérivé bromé doivent être conservées à l'abri de la lumière et évaporées à froid sous vide. Il est souvent nécessaire pour purifier le produit de passer par une chromatographie sur alumine. On le cristallise dans l'alcool éthylique, ou l'alcool isopropylique, d'où il précipite en aiguilles, ou en feuillets jaune très pâle, $F_{inst.}$ 123-124°, rendement 20 %. Le corps brunit à la lumière, mais est stable à l'obscurité.

Le bromo-2 (*p*-diméthylaminophényl) éthylène réagit normalement avec le phényllithium en solution éthérée, suivant la réaction de Wittig ([3]), ([4]), pour donner, après hydrolyse, le *p*-diméthylaminophénylacétylène, ($C_{10}H_{11}N$), $(CH_3)_2N—C_6H_4—C\equiv CH$; on purifie dans le mélange : une partie d'alcool, deux parties d'eau, rendement 80 %. Le corps est en fines aiguilles incolores, $F_{inst.}$ 52-53°. Il présente tous les caractères des acétyléniques vrais. Parmi les sels métalliques qu'il peut donner, on doit citer le sel mercurique $(C_{20}H_{20}N_2)_2Hg$, obtenu suivant la technique générale de Jonhson ([5]), cristallisant dans le mélange benzène-alcool en cristaux incolores, $F_{inst.}$ 238°. Le dérivé cuivreux, poudre jaune clair, s'obtient par les méthodes habituelles. On a préparé enfin le corps diacétylénique de doublement, le *bis* (*p*-diméthylaminophényl) butadiyne ($C_{20}H_{20}N_2$), $(CH_3)_2N—C_6H_4—C\equiv C—C\equiv C—C_6H_4—N(CH_3)_2$ obtenu par oxydation du sel cuivreux par le ferricyanure, méthode de Strauss ([6]), cristallisant du mélange acétone-eau en aiguilles jaunes, $F_{inst.}$ 237°.

Parmi les sels métalliques du *p*-diméthylaminophénylacétylène, le plus intéressant est le lithien, parce que, formé intermédiairement dans la préparation, il est directement utilisable dans les réactions de condensation sans que l'on ait à passer par l'acétylénique libre.

([3]) WITTIG et D. WALDI, *J. prakt. Chem.*, **160**, 1942, p. 242.

([4]) WITTIG et H. WITT, *Ber.*, **74**, 1941, p. 1474.

([5]) *Am. chem. soc.*, **48**, 1926, p. 469.

([6]) *A.*, **342**, p. 224.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Note préliminaire sur les crêtes et sillons prélittoraux de la côte des Landes de Gascogne.* Note de M. **André Guilcher**, présentée par M. Emmanuel de Martonne.

La côte des Landes présente sur une très grande longueur des crêtes et sillons prélittoraux légèrement obliques par rapport à la ligne de rivage. Des phénomènes hydrodynamiques complexes s'observent aux débouchés des sillons dans la mer.

Les cartes de guerre allemandes au 1/25 000 représentent le littoral des Landes comme accidenté dans le détail, surtout au Sud du bassin d'Arcachon, de nombreuses crêtes prélittorales isolant des sillons émergés ou non à basse mer, du type des *runnels and ridges* étudiés sur divers autres rivages par de nombreux auteurs (1). Ces cartes ne semblent pas dériver, sur ce point, de levés originaux, mais de l'interprétation de photographies aériennes françaises de 1937 (2).

Une étude préliminaire du littoral, en mai 1950, sur 10^{km} de long de part et d'autre de Mimizan-Plage, m'a montré que ces formes, effectivement bien marquées, sont le trait le plus intéressant de la morphologie littorale landaise. Mais, en général, les crêtes ne sont pas rigoureusement parallèles à la côte. Elles s'orientent selon une direction plus proche de NE-SW que celle-ci, de sorte qu'elles sont disposées en échelon, le sillon en arrière de chaque crête s'ouvrant sur la mer aux abords de son extrémité Sud-Sud-Ouest par un chenal oblique ENE-WSW. Cette disposition n'est pas rigoureusement la même dans tous les cas, certains sillons communiquant avec la mer par une ouverture proche de leur partie centrale; mais elle est tout à fait prédominante. Les observations ont été faites en morte eau (coefficient 45 à 49); en avant de la ligne de basse mer, une barre de déferlement indiquait la présence d'une seconde ligne de crêtes, figurée d'ailleurs elle aussi sur les cartes allemandes. Les formes mesurées présentaient des dénivellations verticales de quelques décimètres (jamais plus d'un mètre) entre crêtes et sillons, mais on sait que l'état de la mer fait varier cette dimension. La longueur maximum des crêtes mesurées était de 840^{m}; la largeur allait de 50 à 90^{m}.

La disposition en échelon paraît en rapport avec une dérive Nord-Sud des eaux le long de la côte landaise, dérive déjà signalée par de nombreux auteurs

(1) Notamment : D. W. Johnson, *Shore Processes and Shoreline Development.* New York, 1919, 584 p. (*cf.* p. 486-489 et *bibl.*); P. D. Timmermans, *Leidsche Geol. Mededeel.*, VI, 3, 1935, p. 231-385; C. A. M. King et W. W. Williams, *Geogr. Journ.*, **113**, 1949, p. 70-85; A. Rivière, *C. R. somm. Soc. Géol. Fr.*, 1949, p. 311-312; *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1086-1087.

(2) Renseignement fourni par le Secrétariat permanent du Comité Central d'Océanographie et d'Étude des côtes (Service Hydrographique de la Marine).

qui lui ont attribué avec raison la tendance des *courants* ou *boucaus* exutoires des étangs à s'allonger vers le Sud parallèlement au rivage : ainsi le courant de Léon et celui de Mimizan avant que des travaux ne l'aient forcé à couler droit vers la mer. Même dans la situation actuelle, le courant de Mimizan tend à se terminer par un sillon prélittoral ressuscitant l'ancien tracé dans une position plus avancée vers le large. L'origine de cette dérive reste réservée pour l'instant. Elle n'est peut-être pas, comme certains l'ont pensé, une résultante des vents de Nord-Ouest qui agissent selon un plus grand *fetch* (longueur de propagation de la houle dans une direction donnée) que les autres : mes observations ont été faites par vent soufflant constamment du Sud-Ouest pendant plusieurs jours, et m'ont montré que, même dans ces conditions, il y avait dérive des eaux vers le Sud.

La pente de la plage des Landes est assez forte, puisque le découvert n'est que de 60 à 85^m aux abords de Mimizan par marées de 45 (marnage par marée de 120 : 4 à 5^m sur toute la côte landaise). Contrairement à ce qu'on a parfois supposé (Miss King, Williams, Rivière), les crêtes et sillons prélittoraux ne sont pas particulièrement localisés sur des plages très plates, puisque la côte landaise est peut-être, de toute la France, celle où le phénomène s'observe sans interruption sur la plus grande longueur. L'hypothèse de King et Williams, selon laquelle ces formes seraient liées à des fetches limités, est également ici en défaut.

D'autre part, les chenaux de communication entre les sillons et la mer sont le siège de phénomènes hydrodynamiques complexes. A l'issue externe des chenaux et sur leurs bords, l'avancée et le recul des vagues (*uprush* et *backwash* du *swash*) édifient des pointes de sable encadrant l'entrée et constituant un micro-delta. En certains cas, l'avancée de celui-ci atteint 25^m par rapport à la ligne de basse mer de part et d'autre. Les pointes de deltas, quand elles ne sont couvertes que d'une mince pellicule d'eau, sont balayées par des ondes qui, dérivant d'une onde unique en eau plus profonde, arrivent par réfraction à s'entrecroiser. Il y a deux trains d'ondes par pointe de delta, et, comme certains trains parviennent à passer d'une pointe à l'autre d'un même delta par dessus le chenal sans trop s'amortir, il arrive que trois ou même quatre trains interfèrent. Le tout se combinait en mars 1950 avec un assez fort ressac (avances et reculs en masse de l'eau, de période plusieurs fois plus longue que les vagues). Au cours de ces mouvements se dessinent des ripple-marks éphémères qui seront à étudier en détail.

Ces premières constatations conduisent à envisager la mise sur pied d'un programme de travail de précision sur la côte landaise, du type de celui réalisé par Miss King et Williams à Blackpool en Angleterre; ce programme, qui serait accompli en liaison avec le Service hydrographique de la Marine, pourrait fournir des indications utiles sur la sédimentation et l'érosion des plages en général.

GÉOLOGIE. — *Sur l'extension des Calcaires noriens dans le Haut-Laos.* Note de (*) M. **Edmond Saurin**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans le Haut-Laos et les régions limitrophes du Tonkin occidental, les faciès calcaires du Norien, par ailleurs seulement connus en Indochine dans le synclinal du Song Ca (Nord-Annam) ([1]), ont été signalés en différents points : dans le synclinal de Samneua (calcaires à Térébratules de Ban O et de la Nam Het) ([2]); dans le synclinal de la Rivière Noire, [calcaires récifaux de Pa Ma à Coralliaires et Brachiopodes ([3])]; dans le synclinal du Haut-Laos enfin où des calcaires à Ammonites, Halobies et Térébratules affleurent à Don Tien et Sang Hai ([4]) et où les calcaires de Luangprabang, à Rhynchonelles, Térébratules et Ammonites, d'abord attribués au Lias, sont les plus anciennement connus ([5]).

Or, à 80^{km} à l'Ouest et au Nord-Ouest de ces derniers affleurements, se trouvent aussi des calcaires noriens dans les montagnes qui bordent la vallée de la Nam Beng, entre Pak Beng et Muong Beng.

Au Nord de Chen Kin, un puissant massif, dont les strates, dirigées N 40 g. E, plongent vers l'Ouest, est constitué, à sa base, de calcaires noirs, récifaux, pétris d'Algues, de débris d'Échinides et de Crinoïdes, contenant aussi quelques Foraminifères (*Lingulina* sp.), et renfermant *Thecosmilia* aff. *clathrata*, *Aulacothyris inflata*, *Cardita singularis*.

Ces calcaires montrent ainsi un faciès légèrement différent des calcaires noriens jusque alors connus dans le Haut-Laos; la présence assez abondante de Zoanthaires les rapproche des calcaires de Pa Ma sur la Rivière Noire où se trouve également *Aulacothyris inflata*. Quant à *Cardita singularis*, espèce des *Napeng Beds*, elle n'était connue en Indochine que dans les formations schisteuses du Trias supérieur.

Mais ces faciès du Norien calcaire paraissent assez variables même dans la région de la Nam Beng. C'est ainsi que, plus au Nord, entre Muong Beng et Ban Sanouk, sur le prolongement discontinu des calcaires précédents, des calcaires à marbrures roses avec intercalations de schistes gréseux rouges, dessinent un synclinal couché et sont, d'après leur position stratigraphique et malgré l'absence de fossiles caractéristiques, à rapporter également au Norien.

Au Sud de la Nam Beng, dans le massif de Xa Tru qui occupe le confluent de cette rivière avec le Mékong, des calcaires oolithiques noirs sont par ailleurs intercalés dans le *terrain rouge*.

Les fossiles de Chen Kin prouvent ainsi l'existence de calcaires noriens parmi les nombreuses masses calcaires qui surgissent dans la région

---

(*) Séance du 26 juin 1950.

([1]) J. Fromaget, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 16, II, 1927, p. 181.

([2]) L. Dussault, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 9, II, 1920, p. 54.

([3]) J. Fromaget, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1236.

([4]) J. Fromaget, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1138.

([5]) Ch. Jacob et L. Dussault, *Bull. Serv. Géol. Indochine*, 12, IV, 1924, p. 53.

considérée et dont beaucoup d'autres, souvent de faciès peu différent, mais intercalées dans des grès et schistes avec tufs épuratifs dacito-andésitiques appartiennent à l'Anthracolithique.

Ces calcaires sont en rapport avec le synclinal triasique de la Nam Beng où j'ai antérieurement signalé des schistes carniens à Halobies et Ammonites qui en jalonnent ainsi la zone axiale [6].

Leur position stratigraphique dans les formations de la région s'établit comme suit, au-dessus de l'Anthracolithique gréso-schiteux et calcaire :

1. Schistes et calcaires gréseux carniens; 2. terrain rouge; 3. calcaires noriens; 4. terrain rouge montrant localement à sa base un poudingue à galets des calcaires 3 et à galets de rhyolites.

Du point de vue tectonique, ces calcaires, de même que tous les termes de la série ci-dessus, sont chevauchés à l'Ouest par l'Antracolithique.

GÉOPHYSIQUE. — *La raie* $^4S - ^2D$ *de l'azote observée au crépuscule.* Note de M. **Georges Courtès**, présentée par M. Jean Cabannes.

Au cours d'essais d'un spectrographe à haute luminosité, cette raie a été observée les 19, 20 et 21 janvier 1949 et avec une intensité particulière le 20 janvier. Elle est invisible sur les clichés obtenus dans des conditions analogues les 22, 23, 24, 30 janvier, le 1er février et le 27 mars. L'instrument utilisé est un spectrographe à un prisme de flint, monté avec fente éloignée, sans collimateur, pour limiter au minimum les pertes de lumière. Il est muni d'un objectif Cojan de 75mm de longueur focale, ouvert à F/0,7 (dispersion 600 Å/mm vers 5 200 Å).

Les trois clichés ont été pris à l'Observatoire de Haute-Provence dans les mêmes conditions, à l'Ouest, à 75° de distance zénithale. Les raies 6300, 5577 Å de [OI] et la bande 4277 Å de l'azote ont permis le calcul des formules de dispersion. Les résultats suivants sont la moyenne, pour chaque cliché, d'au moins trois enregistrements au microphotomètre Chalonge, correspondant chacun à des parties différentes de la fente qui était suffisamment haute (2mm sur le cliché).

Date des clichés.	Plaque.	λ.
19 janvier 18h à 19h T. U.	Kodak 103 aC	5194,4
20 » 18h15 à 19h50	» 103 aC	5199,5
21 » 18h à 19h	» 103 aF	5202,3

Le cliché du 20 janvier est nettement le meilleur; la raie y est fine et intense. La moyenne pondérée de ces mesures donne 5199,6 Å, la moyenne brute

(6) E. Saurin, *Bull. du Conseil des Recherches Scientifiques de l'Indochine*, 1942-1943, Hanoï, 1943, p. 95-99.

5198,7, avec un écart moyen de l'ordre de 2 Å. Cette longueur d'onde est en parfait accord avec celle mesurée dans le spectre de l'aurore du 18 septembre 1941 par J. Dufay et Tchang Mao-Lin (5199,0 ± 1 Å) (1), qui ont attribué définitivement la raie à la transition $^4S - ^2D$ de l'atome d'azote.

Fréquente dans les aurores de basse latitude (2), cette raie est ainsi observée, pour la première fois, au crépuscule, en l'absence d'aurore visible et de perturbation magnétique, et cela pendant trois soirées consécutives. Elle doit être émise à haute altitude, pour que la désexcitation par chocs soit faible.

La présence de la raie 5199 Å est donc maintenant reconnue dans les aurores de basse latitude, dans les aurores normales des régions de haute latitude (3) et dans le spectre crépusculaire. Malgré un rapprochement plausible avec une radiation observée par Babcock (4), sa présence n'est pas sûrement établie dans le spectre du ciel nocturne.

VOLCANOLOGIE. — *Age probable de la grande éruption péléenne de la Soufrière de la Guadeloupe.* Note de MM. **Edmond Bruet** et **Jean Aubrat**, transmise par M. Charles Maurain.

L'un de nous (1) a décrit des dépôts de lapilli qui sont actuellement exploités au Nord de Saint-Claude sur les pentes Sud à 2900^m environ à vol d'oiseau du centre du cône du Volcan. Dans l'opinion de l'auteur ces lapilli s'inscrivent à l'époque des projections vulcaniennes qui s'intercale elle-même entre l'édifice à cratère-coulées et l'édifice péléen. L'auteur indiquait en outre que l'épaisseur des éboulis qui les recouvre ne leur donne pas une grande ancienneté dans les Temps Précolombiens.

Cette opinion est aujourd'hui confirmée par de nouvelles observations. La coupe actuelle de la carrière d'exploitation des lapilli révèle l'existence, sous les éboulis, du dépôt d'un cours d'eau ancien temporaire, peut-être créé par des pluies torrentielles accompagnant une éruption.

Les lapilli présentent une épaisseur au front de taille d'environ 10^m et des

---

(1) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 692; *Cahiers de Physique*, n° **8**, 1942, p. 51.

(2) J. Dufay, *Annales d'Astrophysique*, **6**, 1943, p. 81.

(3) Cette raie a été observée récemment dans des spectres d'aurore à Abisko par R. Robley, J. Bricard et A. Kastler, *Annales de Géophysique*, **6**, 1950, p. 66, et à Oslo par Lars Vegard, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1884. La dernière mesure de Vegard a donné 5198,3 Å. Les transitions $^4S - ^2D$ correspondent aux longueurs d'onde 5197,7 et 5200 Å (Vegard).

(4) *Publications Astronomical Society Pacific*, **51**, 1939, p. 47; J. Dufay, *Annales d'Astrophysique*, **2**, 1939, p. 303.

(1) E. Bruet, *Annales de Géophysique*, fasc. I, 6, Paris, 1950.

sondages indiqueraient la présence de la même formation à 10^m plus bas. Au sommet, sur la face Nord-Est de la carrière, on relève la coupe suivante de haut en bas : 1° une couche de terre végétale de 0^m,30 environ d'épaisseur qui supporte la végétation actuelle; 2° des éboulis sur une pente de 20 à 25°, de 2^m,10 d'épaisseur moyenne; 3° des dépôts de pluies torrentielles renfermant, ce qui est important, des fragments d'arbres et d'arbustes de la forêt autochtone de la Guadeloupe; viennent ensuite les lapilli.

Le fin dépôt vaseux qui renferme à sa base les débris végétaux a été traité par lévigation et chaque élément, dont le plus gros ne dépasse pas 1^mm de diamètre, a été étudié au microscope polarisant. On distingue ainsi : 1° un matériel principal composé de nombreux cristaux du feldspath labrador, des cristaux de pyrite, de la limonite, de minuscules grains de charbon, quelques grains de quartz et de fins débris altérés de bois. Le labrador est souvent kaolinisé, il provient sans doute de roches de surface qui ont dû être longtemps exposées auparavant aux intempéries; 2° une terre rouge vif formée des mêmes éléments que ci-dessus, mais qui ont été portés à haute température. Le bois renfermé est entièrement carbonisé. Les minéraux peuvent avoir fondu et être recristallisés; 3° des cendres volcaniques typiques; 4° des alumogènes en fibres fines pouvant résulter de l'action des gaz sur les roches silico-alumineuses; 5° des concrétions de limonite formée au contact du bois par évolution de l'écorce portée à haute température peut-être par des nuées ardentes.

Dans la coupe des éboulis des pentes on relève deux petits dépôts de cendres, bien séparés, signalant de faibles activités plus récentes de la Soufrière.

Les débris végétaux, qui seront déterminés, sont de taille variable, depuis des arbres ayant 10^cm d'épaisseur jusqu'à des débris d'arbustes n'ayant que 1^cm. Tous portent des traces plus ou moins importantes de carbonisation. Ils sont très peu minéralisés, les vaisseaux du bois sont libres, mais dans les fractures qui les affectent on relève des lamelles monocliniques aplaties suivant g^1 ou de petites masses fibreuses de couleur blanche, ayant la saveur de l'alun. Il s'agit d'un alumogène.

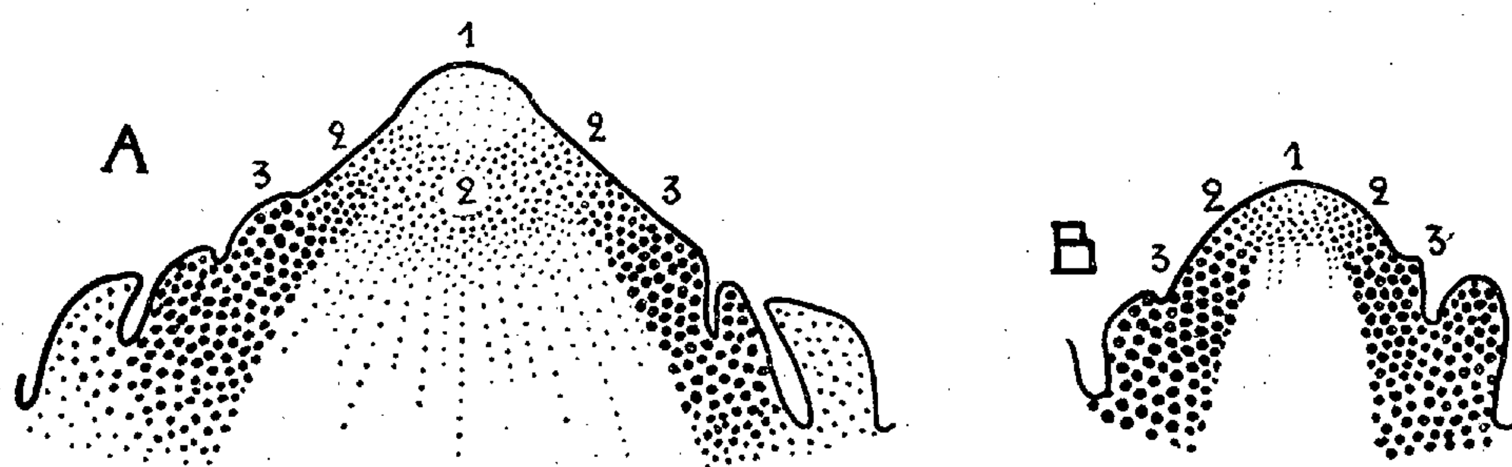
La conservation des bois soustraits à l'action de l'oxygène et le recouvrement des pentes relativement faible sont à prendre en considération. Par comparaison avec ce que l'un de nous a observé dans des conditions sensiblement similaires des recouvrements sur les pentes des volcans de la République de l'Equateur, surmontant des cités détruites par des éruptions au XVIIe siècle, on ne peut accorder une grande ancienneté à l'éruption destructrice de la Guadeloupe qui ainsi coïnciderait avec l'élaboration du cône actuel de la Soufrière. Ceci vient à l'appui de la pente du cône d'éboulis : 37° à la Montagne Pelée et 41° seulement à la Soufrière.

Si l'on voulait donner une date absolue approximative à ce grand événement des Temps Précolombiens, on pourrait le situer vers l'an mille de notre ère.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Structure du point végétatif de* Picea excelsa. Note de M. **Henri Camefort**, présentée par M. Joseph Magrou.

L'étude cytologique du point végétatif de *Picea excelsa* met en évidence diverses zones : une *zone apicale* inerte quant à l'organogenèse, une *zone organogène* périphérique donnant naissance aux feuilles. Ces deux zones sont reliées, sur les flancs du point végétatif, par une zone de *prolifération sans organogenèse*.

Les études faites jusqu'à présent, sur le point végétatif des *Phanérogames*, se sont toujours proposé la mise en évidence de cellules initiales ou d'histogènes qui engagent très précocement les cellules de l'extrémité des tiges dans l'organogenèse ou l'histogenèse. Rien n'impose, *a priori*, un tel engagement. Nous avons essayé de définir une structure du point végétatif de *Picea excelsa* qui ne soit pas basée sur l'étude des filiations cellulaires, mais sur l'examen du contenu des cellules qui constituent ce point végétatif. L'état du noyau, la fréquence des mitoses, le volume des vacuoles, l'aspect du chondriome, la densité des inclusions essentielles ont été les éléments cellulaires étudiés.



Point végétatif de *Picea excelsa* : A, période active; B, période de repos (1, zone apicale; 2, zone de prolifération sans organogenèse; 3, zone organogène). La densité du pointillé est fonction de l'état indifférencié des cellules.

1. *Le point végétatif de* Picea excelsa *pendant la période active* (*formation des ébauches foliaires*). — L'étude cytologique du point végétatif de l'Épicéa, pendant cette période, permet de donner pour celui-ci la topographie suivante (*fig.* A) :

a. Une *zone apicale* saillante dont les larges cellules prolifèrent peu, leurs noyaux sont peu chromophiles, les vacuoles sont largement développées, les inclusions essentielles relativement abondantes. Le chondriome est homogène, *Picea excelsa* ne possédant pas de plastes dans cette zone.

b. Sur les flancs du point végétatif et à sa base, c'est-à-dire là où naissent les feuilles, la structure des cellules est celle qui caractérise les méristèmes primaires classiques (noyaux très chromophiles, vacuoles petites parfois réticulées, inclusions paraplasmiques absentes ou réduites, mitoses abondantes).

Les feuilles naissent sur les flancs du point végétatif dans la région où cette structure est réalisée. Cette zone peut être nommée *zone organogène*.

c. Toujours sur les flancs du point végétatif les deux zones précédentes sont unies par des cellules ayant une structure intermédiaire entre celle qui caractérise la *zone apicale* et celle qui définit la *zone organogène*. Ces cellules de type cambial, qui se multiplient activement, définissent une *zone de prolifération sans organogenèse*. La base de cette zone alimente, en se *dédifférenciant*, la zone organogène que tend à épuiser la formation des initiums foliaires.

d. L'état cambial se trouve également chez les cellules situées au centre du point végétatif, et sous la zone apicale. La *zone de prolifération sans organogenèse* se prolonge donc sous la zone apicale jusqu'au centre du point végétatif; mais ici, l'activité de cette zone fournit une moelle précocement *différenciée*.

2. *Le point végétatif de* Picea excelsa *pendant la période de repos*. — Pendant la fin de la période active et pendant la période de repos hivernal, on peut observer les faits suivants (*fig.* B) :

a. Les caractéristiques cytologiques de la *zone organogène* persistent toute l'année, même pendant la période de repos. Cette zone organogène, alors inactive, est plus près du sommet du point végétatif que pendant la période active. La *zone apicale* est moins différenciée. La *zone de prolifération sans organogenèse*, sur les flancs du point végétatif comme en son milieu, est plus étroite. En résumé, la structure du point végétatif actif subsiste pendant la période de repos, mais elle est plus atténuée et plus ramassée sur elle-même.

b. L'évolution du point végétatif, de la période active à la période de repos, s'accomplit progressivement.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des conditions du milieu extérieur sur l'évolution cytologique du point végétatif de* Lupinus albus (*Papilionacées*). Note (*) de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les caractères cytologiques des diverses régions du point végétatif de Lupin varient considérablement avec les conditions du milieu aérien. L'aspect cytologique de ce méristème reflète avec précision certaines conditions physiologiques de la croissance apicale.

L'étude cytologique de l'évolution du point végétatif de Lupin a montré plusieurs faits intéressants, notamment par la comparaison que nous avons pu faire entre deux séries de cultures placées dans des conditions de milieu très différentes. La première se développa en serre, au cours des mois de janvier, février et mars. La température était relativement élevée par rapport à la lumière dont ces plantes disposaient. La seconde série fut réalisée sur la

(*) Séance du 26 juin 1950.

terrasse des laboratoires, en avril et mai, c'est-à-dire dans des conditions de forte lumière et de température relativement basse (début d'avril plutôt froid). C'est à cette dernière série que se rapportait la description générale publiée précédemment [1].

Rappelons que le point végétatif de ces individus présentait un état méristématique uniforme pour toutes les cellules de la *tunica;* les plastes y étaient indistincts ou très peu différenciés. Dans le *corpus*, au contraire, se différenciaient des plastes chlorophylliens très nets; certains étaient vésiculeux comme les éléments dont ils provenaient. Le méristème médullaire renfermait de grands plastes, légèrement chlorophylliens, mais riches en amidon.

Ces plantes, cultivées dans des conditions à peu près naturelles, se développèrent rapidement et fleurirent en mai. Au contraire, les individus cultivés en serre manifestèrent, après un début de développement sensiblement normal, un ralentissement de croissance très net. Elles végétèrent alors beaucoup plus longtemps que les précédentes, mais dépérirent finalement sans fleurir.

L'étude cytologique évolutive du point végétatif de ces dernières permettait de prévoir cette issue plus tôt que par l'observation macroscopique. En effet, alors qu'au début le point végétatif était semblable à celui que nous avons observé sur les échantillons cultivés en plein air, des différences devinrent rapidement très nettes. En gros, le point végétatif présente une tendance beaucoup plus marquée à se différencier.

Les plastes du *corpus* s'accroissent davantage et, bientôt, des chloroplastes se différencient également dans la *tunica* et jusque dans les initiums foliaires. Les plastes du méristème médullaire s'appauvrissent en amidon, mais deviennent plus grands et ressemblent davantage à des chloroplastes typiques.

La comparaison des chondriosomes n'est pas moins intéressante. Les éléments vésiculisés sont rares ou absents, de sorte que le chondriome ne présente plus l'aspect singulier que nous avons décrit précédemment [1]; il ressemble beaucoup plus au chondriome classiquement connu. Et pourtant, cet aspect soit-disant *normal* traduit un fonctionnement défectueux du point végétatif. En effet, ultérieurement, ce méristème cessera de proliférer par suite de la *différenciation* de l'anneau initial. Le chondriome traduit cette réduction d'activité, non seulement par la disparition des éléments vésiculisés, mais par l'association des chondriosomes en longs filaments, ramifiés, pelotonnés, semblables à ceux que nous avons vu naître dans les cellules de Chicorée dont la cyclose était arrêtée (*fig.* 1).

Enfin, l'appareil vacuolaire s'accroît d'une manière générale, mais à des degrés divers, selon les régions de l'apex.

Cette évolution n'est pas uniforme, et, dans les plastes encore jeunes,

---

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2320.

le début de différenciation du point végétatif accentue les distinctions entre les diverses régions du point végétatif. Le *corpus* évolue le premier, puis, la différenciation des plastes et des vacuoles atteint les cellules apicales de la *tunica*, ce qui met en évidence l'anneau initial et les initiums foliaires, demeurés plus méristématiques (*fig.* 2 et 3). Ultérieurement, ces régions

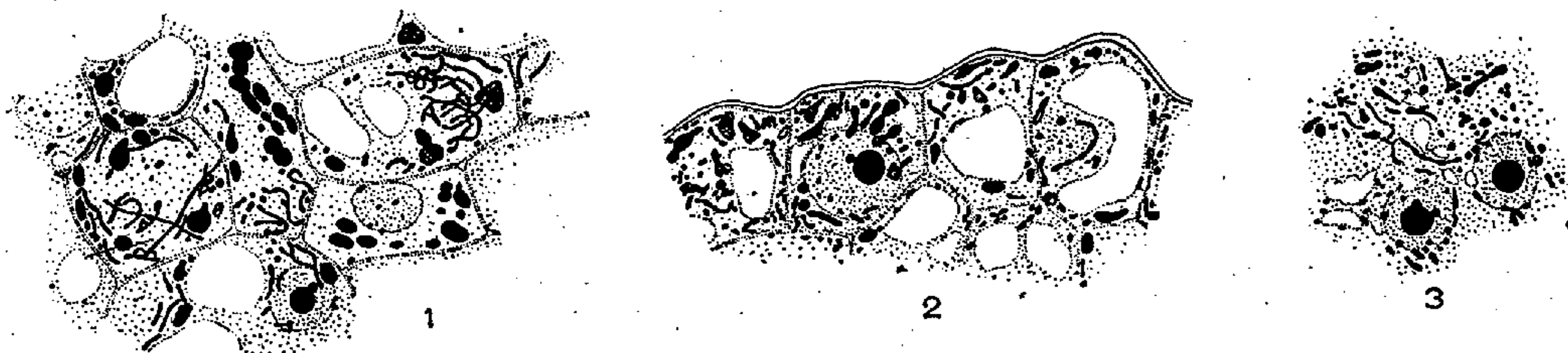


Fig. 1. — Cellules de l'apex vers la fin de la végétation en serre.
Fig. 2. — Cellules du sommet de la *tunica* d'une plante dont la croissance est ralentie.
Fig. 3. — Cellules d'un *initium* foliaire, dans l'anneau initial de la même plante.
[Comparer avec figure de la Note précédente ([1]).]

seront atteintes à leur tour. On a alors l'impression que l'*anneau initial* s'épuise précocement, et tout l'apex se différencie.

De plus, les processus de dédifférenciation apicale par lesquels naît le méristème d'inflorescence ne se produisent pas, et la plante meurt sans fleurir.

Cette comparaison fournit un exemple nouveau de processus physiologiques décelables par leurs répercussions cytologiques. Elle montre que, dans le cas du Lupin, plante de jours longs, la lumière, lorsqu'elle est en quantité suffisante relativement à la température, empêche la différenciation de l'apex et permet ainsi la constitution du méristème de l'inflorescence. Lorsque la lumière est insuffisante, la différenciation s'accentue et empêche la constitution, par dédifférenciation, du méristème d'inflorescence. Il semble que l'appauvrissement en substances nutritives (diminution de l'amidon dans le méristème médullaire), soit responsable de cette inhibition.

En résumé, l'évolution du point végétatif de Lupin montre donc, elle aussi, des processus alternatifs de différenciation et de dédifférenciation. Comme pour la Giroflée, il se manifeste un antagonisme entre la tendance des cellules à se différencier et la tendance à proliférer, antagonisme d'où résultent les fluctuations observées. Les causes de ces fluctuations sont probablement d'origine interne (hormones, corrélations organiques) mais elles sont influençables par les conditions du milieu extérieur (équilibre lumière-température).

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Conservation et réactions des pièces périanthaires et sexuelles de la fleur du* Lilium candidum *L. isolées en milieu aseptique*. Note de Mlle **Germaine Debraux** et M. **Pierre Gavaudan**, transmise par M. Robert Courrier.

Il est montré que les pièces périanthaires et sexuelles des fleurs du *Lilium candidum* isolées en milieu aseptique réagissent comme les organes foliaires.

A la suite de recherches sur la survie des feuilles isolées ([1]), nous avons déjà montré que les pièces périanthaires de la fleur du *Lilium candidum* isolées sans précautions aseptiques pouvaient être conservées dans des conditions convenables pendant 16 jours ([2]). Nous avions observé des réactions macroscopiques de la base des pièces accompagnées d'une évolution histologique remarquable comparable, à celle des bractées isolées dans les mêmes conditions. Mais seules, les bractées étaient le siège d'une néoformation de bulbilles et de racines. Ayant échoué dans nos essais de conservation des pièces sexuelles, nous avions prévu que des réactions identiques s'observeraient sur toutes les pièces par culture aseptique sur milieu nutritif.

Une nouvelle série d'expériences a donc été effectuée cette année dans ces conditions. Nous avons disséqué des boutons floraux, prélevés à différents stades, stérilisés pendant trois quarts d'heure dans une solution d'hypochlorite de calcium à 80 g/l titrant 200° chlorométriques, puis longuement rincés à l'eau distillée stérile; les pièces ou les boutons ont été plantés par leur base dans un milieu aseptique constitué par une solution de Knop diluée au demi contenant 50^{g} de saccharose et 10^{g} de gélose par litre; l'addition de 0,0002 g/l d'acide α-naphtalène acétique ou le trempage préalable des pièces dans une solution de cette hétéro-auxine à 0,100 g/l, pendant cinq heures, pratiqués dans un certain nombre de cas, paraissent favoriser les réactions qui, cependant, peuvent se produire spontanément sans cet agent. Nous avons observé les résultats suivants :

1° Des boutons floraux de 4 à 5^{mm} de hauteur, sectionnés avec $1^{mm},5$ de pédoncule floral, ont fourni des bulbilles et des racines nombreuses et fasciées, ils ont avorté dans tous les cas;

2° Des boutons floraux de 10 à 12^{mm} de hauteur, sectionnés à 2^{mm} au-dessus de leur insertion, ont fourni des cals volumineux formés par la confluence des néoformations basales des différentes pièces, qui, de plus, ont manifesté une croissance appréciable.

([1]) G. Debraux, *Thèse, Sciences*, Poitiers, 1949.
([2]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 137.

3° Des jeunes pièces périanthaires isolées (tépales externes et internes de boutons de 15 à 20^mm de hauteur) ont donné des réactions macroscopiques et histologiques analogues à celles précédemment observées en milieu non aseptique, mais beaucoup plus considérables puisque, la durée de conservation ayant été plus que triplée, des bulbilles sont apparues partout régulièrement;

4° Des étamines isolées à des âges divers (depuis 10^mm de hauteur jusqu'à maturité avant déhiscence), dont les sacs polliniques étaient déjà différenciés, se sont conservées aussi longtemps que les pièces périanthaires; les anthères ne se sont pas sensiblement accrues, mais nous avons observé des perturbations du développement des tissus mécaniques, souvent remplacés par des zones de cellules à croissance anormale; les filets ont manifesté une croissance longitudinale demeurant toutefois inférieure à celle des pièces *in situ*, mais ils ont surtout été le siège d'une croissance transversale très importante de leur base, aboutissant à une formation de bulbilles; la coupe de la base des étamines montre des réactions histologiques analogues à celles observées dans la base des tépales;

5° Les ovaires de jeunes pistils de 12 à 15^mm de hauteur se sont conservés comme les autres pièces; le style et le stigmate se sont flétris; la base des ovaires s'est élargie par néoformation d'un système complexe de conduction (plages de trachéides et de tissu libérien) et, après 25 à 30 jours de conservation des bulbilles sont apparues.

Dans tous les cas (bractées, tépales, étamines, ovaires), les bulbilles apparaissent à la limite de la zone des néoformations d'origine interne (cal) et des replis épidermiques de la base des pièces. Toutes les pièces florales, y compris les organes sexuels, peuvent donc être le siège d'une multiplication végétative comme les pièces foliaires; les phénomènes d'histogénèse se poursuivent encore après un mois et demi de survie.

Les observations de tératologie sur l'involution des pièces sexuelles vers le type foliaire, notamment dans les parasitoses, ont un caractère fortuit et leur valeur est discutée par les théoriciens de la fleur. Nos résultats nous conduisent à penser que le phénomène d'involution pourrait être obtenu et étudié par la culture d'ébauches ou tout au moins de pièces beaucoup plus jeunes que celles que nous avons utilisées.

BOTANIQUE. — *Variations des caractères de cultures de tissus végétaux.* Note de M. **Pierre Nobécourt**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons signalé précédemment (¹) qu'une de nos souches de tissus de Carotte, que nous cultivons depuis le 1er mars 1944, produisait fréquemment des racines et, parfois, des bourgeons pouvant se développer en pousses feuillées. Nous avons pu, depuis lors, isoler à partir de cette souche, deux variétés de cultures. L'une, que nous appellerons variété A, donne des cultures très vertes, se développant très vigoureusement, mais qui ne produisent plus de racines; l'autre, que nous désignerons sous le nom de variété B, donne des cultures brunâtres, qui poussent lentement, en produisant de nombreuses racines, souvent courtes et grêles, qui s'enfonçent dans la gélose ou, au contraire, se dressent dans l'air. De temps en temps, les cultures de cette variété produisent également des bourgeons donnant naissance à des feuilles parfois parfaitement constituées, mais, le plus souvent, plus ou moins aberrantes.

Plus récemment, notre souche primitive, datant du 6 septembre 1937, a subi également des variations intéressantes et, actuellement, nous avons pu en isoler trois variétés présentant des caractères distincts.

La première, α, qui est à l'origine des deux autres, présente d'une façon générale les caractères que possédaient les cultures à leur début et que nous avons décrits autrefois. Cependant, la vigueur de la croissance a diminué, les cultures deviennent moins volumineuses, il s'y produit plus rarement des racines qu'il y a quelques années.

La deuxième, β, au contraire, se développe avec une grande rapidité, elle donne de volumineuses cultures, mamelonnées, d'un vert légèrement jaunâtre; en outre, elles produisent fréquemment de l'anthocyane. Les tissus sont mous, et il ne s'y forme jamais de racines.

La troisième, γ, se développe aussi rapidement, mais elle donne des masses de tissus compacts et fermes; les cultures ont une forme assez régulière, peu ou pas mamelonnée; elles sont d'une teinte vert clair. Il ne s'y produit pas non plus de racines.

Ainsi, avec le temps, nos souches de tissus de Carotte du 6 septembre 1937 et du 1er mars 1944, ont évolué, et se sont subdivisées en plusieurs variétés, par des modifications de leurs caractères.

De plus, il faut remarquer que les transformations constatées dans nos cultures sont apparues, parfois brusquement, sans que l'on puisse invoquer aucune modification du milieu de culture ou des conditions extérieures.

(¹) *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 590.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un nouveau flavanoside des fleurs de l'*Acacia floribunda *Willd.* Note de M. **René Paris**, présentée par M. René Souèges.

Des fleurs d'*Acacia floribunda* Willd. a été séparé à l'état cristallisé un nouvel hétéroside appartenant aux pigments jaunes de la série flavonique et donnant par hydrolyse acide du glucose et un aglycone dérivé de la flavanone. Contrairement à beaucoup de dérivés flavoniques, cet hétéroside ne modifie pas la perméabilité capillaire chez l'animal.

Au cours de recherches sur les dérivés flavoniques, nous avons été amené, au cours d'essais préliminaires, à déceler l'existence de ces pigments chez les fleurs et les feuilles d'*Acacia dealbata* Link et d'*A. floribunda* Willd.; ces substances paraissant assez abondantes, leur extraction a été tentée. Chez l'*Acacia dealbata*, il n'a pu être obtenu que des produits amorphes, s'oxydant rapidement à l'air, mais des fleurs d'*A. floribunda* a pu être séparé un dérivé flavonique bien cristallisé. Après quelques tâtonnements, la méthode suivante a été utilisée : les fleurs fraîches sont traitées à deux reprises par l'alcool bouillant et les colatures sont évaporées à sec sous pression réduite, l'extrait ainsi obtenu est repris aussitôt par l'eau bouillante et le filtrat encore tiède est dégraissé à plusieurs reprises par de l'éther. Après quelques jours, il se dépose d'abord un produit blanc, cristallin, puis apparaît à la surface de la liqueur, en moindre quantité, une deuxième substance, moins dense, plus jaune, également de nature flavonique, de F 266-268°, qui sera étudiée ultérieurement. La substance blanche fond au bloc Maquenne à 220-222°; après recristallisation dans l'eau, elle est parfaitement cristallisée en fines aiguilles irisées de F 200-202°; le rendement en produit brut est d'environ 0,30 % de fleurs fraîches.

La perte en eau est de 0,75 % après 48 heures dans le vide phosphorique et de 0,80 % après 8 heures à l'étuve 100°. Cette substance est pratiquement insoluble dans l'eau froide, légèrement soluble dans l'eau chaude, soluble dans l'alcool, la pyridine, l'acide acétique, insoluble dans l'éther de pétrole, le benzène, le chloroforme, l'éther. Elle est solubilisée en milieu alcalin (avec apparition d'une coloration jaune) et reprécipitée par addition d'acide; elle est lévogyre : $\alpha_D = 92°$ (alcool). Elle présente de nombreuses réactions colorées qui permettent de la classer dans le groupe des pigments flavoniques : fluorescence jaune avec l'acide sulfurique; coloration jaune d'or avec la potasse alcoolique, disparaissant par addition d'acide chlorhydrique; teinte jaune verdâtre avec l'amalgame de sodium; coloration bleu clair avec le réactif phosphomolybdique en milieu carbonaté; surtout coloration rouge violacé se rassemblant dans l'alcool amylique avec le magnésium en milieu fortement chlorhydrique (R. de Shibata). L'obtention d'une teinte jaune orangé (et non rouge) avec le réactif de Marini (pentachlorure d'antimoine dans le tétrachlo-

rure de carbone), l'absence de fluorescence jaune verdâtre avec le réactif citroborique de Wilson, montrent qu'il ne s'agit ni d'une isoflavone, d'une chalcone ou d'un flavonol, mais d'une flavanone. La cryoscopie dans le camphre ou le phénol pour la détermination du poids moléculaire n'a pas donné de bons résultats.

Cette flavanone devient réductrice après ébullition avec un acide minéral; il s'agit donc d'un hétéroside. L'hydrolyse a été effectuée en traitant une suspension aqueuse (ou une solution alcoolique) pendant 4 heures au bain-marie bouillant, par de l'acide sulfurique à 3% (en volume); après refroidissement il se sépare un aglycone jaune, cristallisé en aiguilles, de F248-250° qui est recueilli sur creuset de Gooch (ou par extraction à l'éther) et qui représente 41% de l'hétéroside initial; après neutralisation, la liqueur est devenue réductrice et dextrogyre; elle renferme un sucre dont le pouvoir rotatoire est voisin de 48° et qui donne une osazone cristallisée en branches de Genêt et de F210°; il s'agit du glucose. Ce glucoside flavanonique n'a pu jusqu'ici être identifié à une substance déjà connue [1], nous proposons de le dénommer *floribundoside*. Nous espérons lors de la prochaine récolte préparer une plus grande quantité de cet hétéroside et déterminer la structure de l'aglycone. Signalons enfin que, injecté au Lapin par voie intraveineuse à la dose de 5 mg/kg, cet hétéroside n'a pas, contrairement à beaucoup de flavones [2], diminué la perméabilité des capillaires sanguins et ne semble pas doué d'activité vitaminique P.

PHYSIOLOGIE. — *Le rôle de l'estomac dans le mécanisme physiologique de l'appétit pour les glucides*. Note de M. **André Soulairac**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez le Rat, l'ablation chirurgicale de l'estomac ne s'oppose pas à l'action de l'insuline sur l'appétit pour les glucides : après la gastrectomie, l'insuline provoque encore une augmentation très nette de la consommation alimentaire de glucose. Ces résultats expérimentaux montrent que les contractions gastriques, décrites par Bulatao et Carlson comme la cause de la faim, ne sont pas l'élément essentiel et causal de ce mécanisme physiologique.

Depuis les travaux de Bulatao et Carlson [1] et de Cannon [2], on admettait classiquement que ce sont les variations de la glycémie qui entraînent les variations de l'appétit : l'hypoglycémie entraînant une impression de faim,

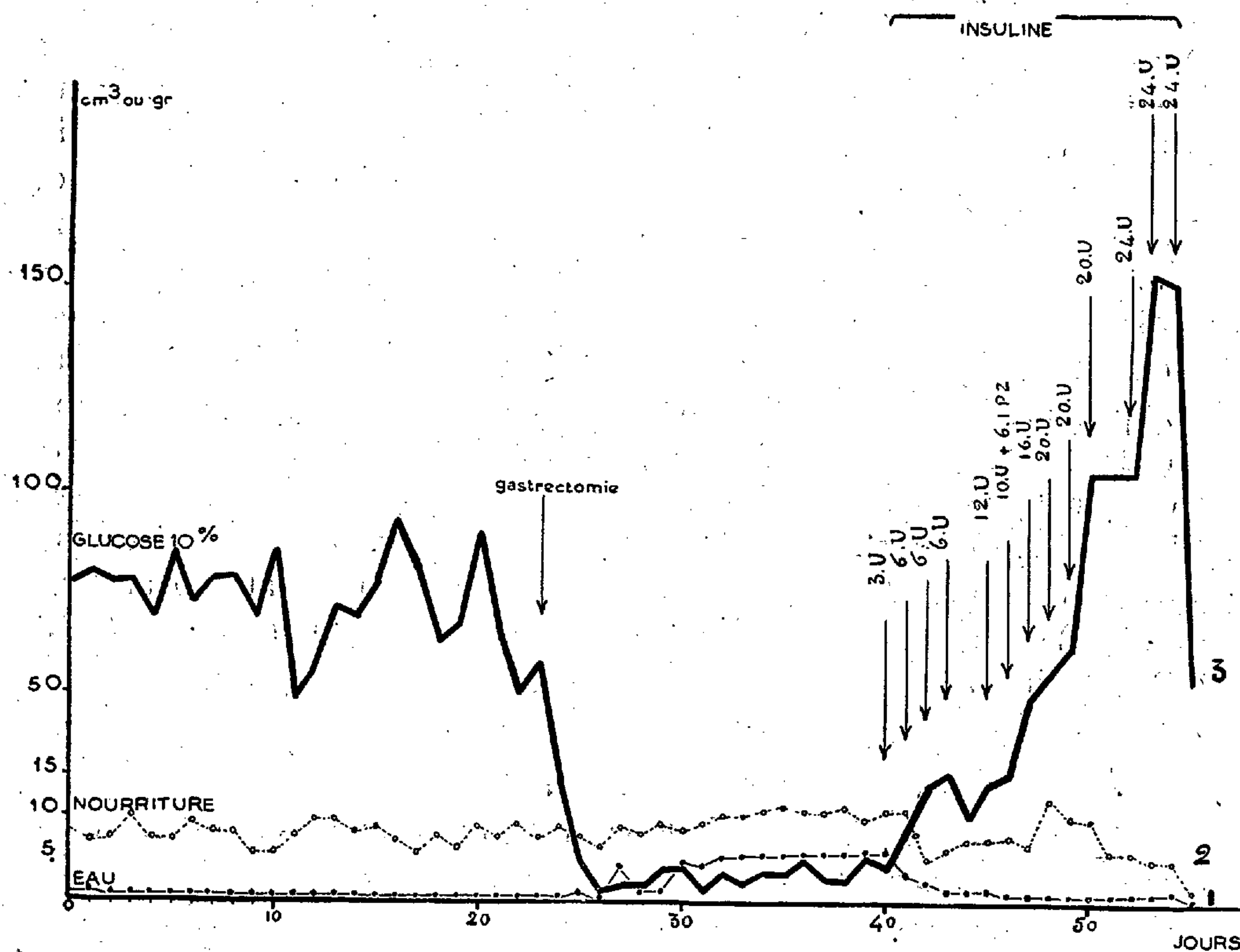
---

(1) *Annal. pharm. français*, 8, 1950, p. 65, 148, 228 et 322.
(2) *Annal. pharm. français*, 7, 1949, p. 510.

(1) *Am. J. Physiol.*, 69, 1924, p. 107.
(2) *Handbook of general experimental psychology*, Clark Univ. Press, 1934, p. 247-263.

l'hyperglycémie une impression de satiété. Cependant, certaines hormones qui provoquent une augmentation de l'appétit déterminent une hyperglycémie et réciproquement, une diminution de l'appétit peut s'accompagner d'une hypoglycémie.

Bulatao et Carlson admettaient, de plus, que l'hypoglycémie insulinique



provoquait des contractions gastriques, dénommées par eux *contractions de la faim*, qui étaient la manifestation périphérique du mécanisme de l'appétit et en même temps une de ses causes.

L'étude de l'appétit glucidique chez les Rongeurs m'avait amené à concevoir un mécanisme tout à fait différent de la régulation endocrinienne et nerveuse de l'appétit ([3]), mettant en cause des actions tissulaires et précisant notamment l'importance de l'absorption intestinale et des processus de phosphorylation. Pour apprécier le rôle de l'estomac et de ses contractions dans cet ensemble physiologique, il était nécessaire d'étudier le comportement alimentaire d'animaux soumis préalablement à la gastrectomie chirurgicale.

([3]) *Bull. Biol. France-Belgique*, 81, 1947, p. 273-432.

L'ablation de l'estomac a été pratiquée chez le Rat selon une technique inspirée de celle de Tsang ([4]).

Après que les animaux sont remis de l'opération, ils sont placés à un régime de choix spontané comportant l'alimentation standard et le choix d'une solution de glucose à 10 %. Ils sont testés pendant 20 jours de façon à obtenir un taux moyen de consommation. On observe d'ailleurs que la consommation de liquide est nettement inférieure à la consommation pré-opératoire. On traite alors les Rats par des injections sous-cutanées d'insuline à la dose de 6 à 20 unités par jour. Ce traitement, antérieurement étudié, provoque chez l'animal normal une augmentation nette et constante de la consommation alimentaire générale et glucidique en particulier. [Richter ([5]), Mac Kay et coll. ([6]), Soulairac ([7])]. Dans ces conditions expérimentales, on constate dès les premiers jours, que la consommation de la solution glucosée augmente progressivement et atteint souvent une valeur double ou triple de la consommation pré-opératoire normale. La courbe ci-jointe montre un exemple d'une telle expérience et l'importance des modifications de la consommation de solution de glucose.

Les contractions gastriques ne semblent donc pas intervenir dans le mécanisme même de la régulation de l'appétit pour les glucides. Pour comprendre les résultats de Bulatao et Carlson, il est nécessaire de rappeler que l'insuline possède en général une double action hormonale et neuro-végétative ([8]). Sur l'animal avec estomac, les deux actions de l'insuline se produisent : action neuro-végétative sur l'estomac (contractions) et action hormonale sur l'absorption intestinale. Sur l'animal gastrectomisé, on supprime l'action de l'insuline sur les contractions et l'effet sur l'appétit persiste. Il faut donc admettre que dans l'action de l'insuline sur l'appétit les contractions gastriques ne représentent qu'un épiphénomène, sans relation directe de causalité avec l'augmentation de consommation alimentaire.

L'insuline interviendrait donc en agissant sur l'absorption intestinale, qui joue un rôle essentiel dans l'ensemble du mécanisme physiologique de l'appétit.

([4]) *J. comp. Psychol.*, **26**, 1938, p. 1-17.

([5]) *Am. J. Physiol.*, **135**, 1942, p. 781-787.

([6]) *J. Nutrit.*, **20**, 1940, p. 59.

([7]) *Bull. Soc. Zool. France*, **69**, 1944, p. 134-141.

([8]) A. Soulairac et S. Colas, *Ann. Endocrin.*, **10**, 1949, p. 47-49.

PHYSIOLOGIE DE LA NUTRITION. — *Influence du tryptophane alimentaire sur la pigmentation des yeux de* Drosophila melanogaster. *Cas de la mouche sauvage et du mutant vermillon.* Note (*) de M[mes] **Maria Valadares** et **Francine Charconnet-Harding**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Des études nombreuses et diversement conduites ont montré la présence de deux pigments responsables de la couleur des yeux de la mouche sauvage (+). Le pigment rouge est le produit d'un ensemble de réactions dont on ignore l'origine et les stades intermédiaires. Au contraire, le pigment marron, caractéristique du mutant *bw*, paraît directement lié au métabolisme du tryptophane par le chaînon de la cynurénine. Plusieurs tentatives ont été faites pour mettre en lumière l'action directe du tryptophane alimentaire et de ses dérivés sur la coloration des yeux de mutants sensibles. Peu comparables du point de vue expérimental, elles aboutissent à une conclusion formelle en ce qui regarde le rôle de la cynurénine, alors que les résultats demeurent des plus incertains avec le tryptophane.

L'emploi de milieux synthétiques et stériles selon Schultz et coll. nous a permis de reprendre dans des conditions précises et rigoureuses l'étude de ce problème. Grâce à ces auteurs qui nous ont documentées, nous avons réussi l'élevage de la Drosophile sur un milieu à base d'hydrolysat de caséine supplémenté en saccharose, sels, vitamines et aminoacides dont le tryptophane. Il devenait alors facile d'étudier quantitativement l'influence de ce métabolite. Pour écarter toute intervention des microorganismes, nous avons suivi la méthode d'ensemencement stérile des œufs indiquée par les auteurs américains. Le milieu de référence renferme 100^{mg} de *l*-tryptophane par litre. Nous avons préparé des milieux carencés contenant 25, 35, 40 et 50^{mg} et des milieux surchargés atteignant 1500^{mg} de *l*-tryptophane par litre.

Le tableau suivant se rapporte à nos observations sur la mouche sauvage et le mutant vermillon. Voici la signification des symboles :

v, mutant vermillon;

+, souche sauvage;

[+], mutant vermillon dont la couleur des yeux est devenue celle de la mouche sauvage;

[*v*], mouche sauvage dont la couleur des yeux est devenue celle du mutant vermillon.

(*) Séance du 26 juin 1950.

Souche.	*l*-tryptophane en milligrammes par litre du milieu de culture.						
	25.	35.	40.	50.	100.	1000.	1500.
v	*v*	—	*v*	*v*	*v*	[+]	[+] →
+	← [*v*]	[*v*]	[*v*]	[*v*] ← +	+	+	+

La carence en tryptophane n'affecte pas la couleur des yeux du mutant vermillon, par contre, la surchage transforme la pigmentation en celle de la mouche sauvage. C'est l'inverse qui se produit avec la souche sauvage : sans modification sur les milieux riches en tryptophane : sa couleur évolue vers le vermillon avec les milieux carencés. Dans ce dernier cas, on peut situer approximativement le seuil d'action du tryptophane : pour une teneur de 50^{mg} par litre, on observe une couleur intermédiaire entre sauvage et vermillon. Ainsi, par simple variation de la concentration du tryptophane, le mutant *v* se transforme en [+] et inversement, la souche sauvage devient [*v*]. Tout se passe comme si la réaction était réversible. Cette interdépendance entre taux du tryptophane alimentaire et coloration des yeux affecte tous les individus éclos à partir des œufs ensemencés et subsiste chez les descendants obtenus par repiquages stériles sur les milieux responsables des modifications.

Nous attirons l'attention sur le fait que les changements de couleur sont, dans nos essais, attribuables au tryptophane lui-même et non à un de ses dérivés. A partir d'une certaine concentration, le mutant vermillon peut utiliser le tryptophane pour acquérir la pigmentation de la mouche sauvage. Cette influence directe du milieu cadre mal avec une intervention des hormones géniques agissant par inhibition ou bloquage dans la génèse du pigment sauvage. Par ailleurs, la transformation réversible de la mouche sauvage en phénotype vermillon par simple carence en tryptophane, que nous avons mise en évidence, pourra contribuer à éclaircir la nature des pigments des yeux sauvages. Dès maintenant des expériences en cours sur des individus *bw*, *vbw* et autres mutants confirment l'intervention du tryptophane dans la génèse du pigment marron et de ce pigment seul. Nous réservons pour une autre Note toutes les données relatives au cycle évolutif, à la fertilité, à la taille des individus et aux effets d'âge.

En résumé : par simple variation de la concentration du tryptophane dans un milieu synthétique, on peut changer la couleur des yeux de sauvage en vermillon et inversement. Un facteur alimentaire peut donc influencer directement le déterminisme des pigmentations et le rôle du tryptophane apparaît ici comme essentiel. Il reste à connaître dans quelle mesure l'intervention de ce métabolite n'est pas elle-même sous la dépendance d'autres constituants du milieu.

ZOOLOGIE. — *Sur les premiers stades de la formation des muscles parapodiaux hétéronéréidiens chez* Nereis irrorata *Malmgren*. Note de M. **René Defretin**, présentée par M. Louis Fage.

Au début de l'épitoquie, apparaît, à l'emplacement des muscles parapodiaux hétéronéréidiens, un important réseau de capillaires accompagné de linocytes et d'amibocytes acidophiles. Ces éléments de la lymphe semblent intervenir à l'origine des néoformations musculaires considérées.

J'ai montré antérieurement [1] que les muscles parapodiaux ventraux antérieurs hétéronéréidiens et parapodiaux dorsaux prennent un développement considérable chez les formes épitoques des Nereis. Ils se différencient aux dépens d'un tissu d'allure syncytiale remarquable par son extension rapide et par les divisions amitotiques de ses noyaux. Faute de stades suffisamment précoces, je n'avais pu me prononcer sur son origine. Des observations récentes effectuées chez *Nereis irrorata* me permettent d'apporter quelques faits nouveaux.

L'histogénèse des muscles parapodiaux est le premier signe de l'épitoquie décelable dans le système musculaire de la Nereis; elle débute alors que les muscles longitudinaux dorsaux et ventraux ne présentent aucun signe de dédifférenciation et sont encore typiquement néréidiens. Dans l'exemplaire mâle où nous l'avons observée, les spermatocytes I sont groupés en spermatogemmes.

A l'emplacement du futur muscle parapodial dorsal, entre l'épiderme látéro-dorsal et le muscle longitudinal dorsal, au point où celui-ci s'en détache, on observe un réseau important de très fins capillaires; il est accompagné de linocytes et d'amibocytes fuchsinophiles. Ces vaisseaux ont une véritable disposition arborescente et bourgeonnent activement. Ils constituent le point de départ de la riche vascularisation musculaire hétéronéréidienne. En direction latérale, et s'appuyant parfois sur ce lacis capillaire, on remarque de petites traînées syncytiales. Or celles-ci sont entremêlées d'une quantité importante de linocytes et d'amibocytes acidophiles dont les aspects sont très divers. Tantôt les amibocytes sont de dimensions normales, bourrés de fines granulations acidophiles, tantôt leur taille est singulièrement accrue, le noyau lui-même augmente de volume, acquiert un ou deux nucléoles énergiquement fuchsinophiles, tandis que les granulations acidophiles deviennent moins nombreuses mais plus volumineuses. Les linocytes, souvent alignés, montrent un linome parfois tronçonné; son émiettement conduit à la formation de grains fuchsinophiles comparables à ceux des amibocytes hypertrophiés. Ces deux catégories

---

[1] *Ann. Inst. Océan.*, 24, 1949, p. 160.

d'éléments, dont les limites propres s'estompent jusqu'à n'être plus décelables, semblent se fondre dans le tissu syncytial. Ils paraissent intervenir pour une large part dans sa formation. Le bord distal de ces traînées syncytiales est plus ou moins lobé, de nombreux noyaux s'y rassemblent, tandis qu'en arrière apparaissent de très fines bandes anhistes, premier indice de la formation du myoplasme.

Du côté ventral les phénomènes observés sont assez comparables, mais l'aspect morphologique est un peu différent. La vascularisation y est plus considérable : un épais réseau capillaire se développe à partir du vaisseau ventral en direction latérale, il est largement étalé au-dessus du muscle longitudinal ventral. Il offre le même aspect bourgeonnant que le réseau dorsal, sa paroi est richement nucléée, indice probable de sa capacité de prolifération; il est, lui aussi, parsemé de lynocites et d'amibocytes. Sur la face dorsale de ce réseau des traînées syncytiales paraissent s'en détacher, première ébauche du muscle parapodial ventral hétéronéréidien. On y observe également des amibocytes fuschsinophiles et des linocytes offrant les mêmes aspects évolutifs que ceux signalés dans la région dorsale. Sur le bord latéro-dorsal de la gaine périneurale, contre la limite latérale du faisceau sus-nervien, on remarque fréquemment les mêmes éléments lymphatiques en groupes coalescents.

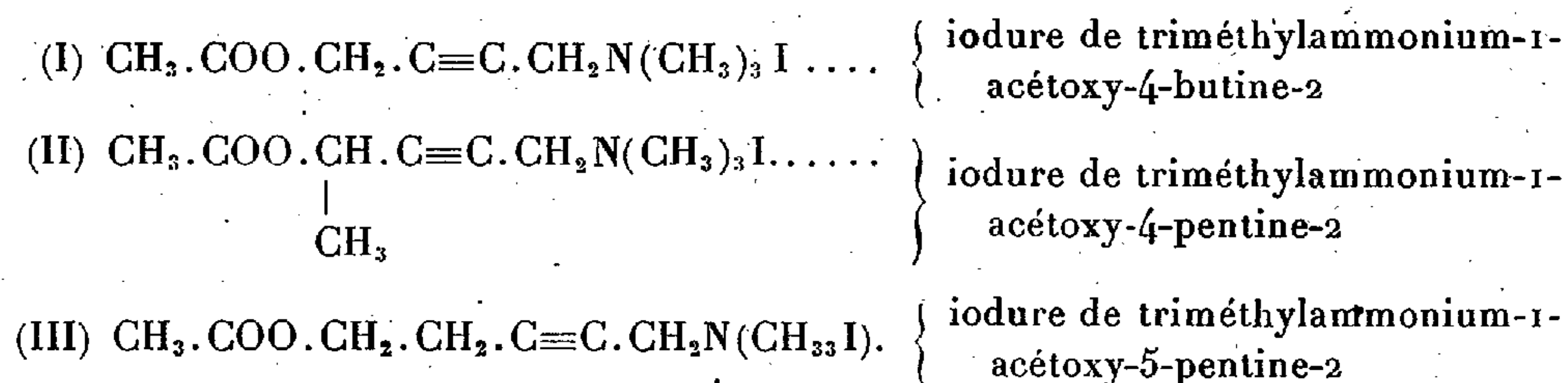
Enfin signalons leur présence abondante dans la région comprise au-dessus du vaisseau longitudinal dorsal, entre les deux muscles longitudinaux dorsaux. C'est à cet emplacement que nous avions signalé antérieurement des cellules amiboïdes participant à l'édification de la néoformation dorsale.

De tels aspects montrent que les premiers signes de l'épitoquie, pour les faisceaux paropodiaux hétéronéréidiens, se manifestent par un bourgeonnement considérable de l'appareil vasculaire. Celui-ci est accompagné de nombreux linocytes et amibocytes acidophiles dont l'évolution paraît être à l'origine de traînées syncytiales; leur appareil nucléaire acquiert la morphologie et la taille des noyaux des muscles hétéronéréidiens. La prolifération du syncytium, suivie de la formation de fibrilles d'abord anhistes, conduit à la formation des muscles parapodiaux hétéronéréidiens. La néoformation musculaire dorsale, bien que constituée de fibres de structure néréidienne, paraît avoir pour origine les mêmes éléments de la lymphe périviscérale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les amino esters non saturés. Propriétés pharmacologiques de certains dérivés acétyléniques de la série de l'acétylcholine.* Note ([1]) de M. **Israël Marszak**, Mme **Andrée Marszak-Fleury**, MM. **Joseph Jacob** et **Georges Montezin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les travaux récents de Jones, Marszak et Bader ([2]) et de Marszak, Marszak-Fleury et Koulkès ([3]) ont abouti à la synthèse de plusieurs amino esters acétyléniques. Ce sont là des substances encore mal connues et il importait de compléter leur étude chimique par des recherches pharmacologiques : on sait que les amino esters saturés sont souvent doués de propriétés physiologiques intenses et nous avons voulu déterminer les effets de la présence d'un groupement acétylénique dans leur molécule. Nous rapportons ici les premiers essais entrepris dans cette voie.

Ils ont eu pour objet des homologues de l'acétylcholine (I), de l'acétyl-β-méthylcholine (II) et de l'acétyl-γ-homocholine (III) caractérisée par l'existence d'un groupement C≡C intercalé dans la chaîne hydrocarbonée en position α par rapport à la fonction amine.



La synthèse de l'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-4 butine-2 (I) a été décrite précédemment ([1]). Nous avons aussi obtenu ce composé par une voie différente : acétylation de l'iodure de triméthylammonium-1 butine-2 ol-4. L'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-4 pentine-2 (II) F 106°, et l'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-5 pentine-2 (III) F 127-128°, inconnus à notre connaissance, ont été préparés par iodométhylation des bases tertiaires correspondantes, ces dernières ayant été obtenues par condensation du formaldéhyde et de la diméthylamine avec respectivement l'acétoxy-3 butine-1 et l'acétoxy-4 butine-1.

([1]) Document retiré du pli cacheté n° 12605, déposé le 2 novembre 1949, ouvert à la demande des auteurs, le 3 juillet 1950.

([2]) *J. Chem. Soc. London*, 1947, p. 1578.

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1501.

Ces trois esters acétyléniques sont, comme leurs homologues saturés, doués de propriétés muscariniques et nicotiniques. Le tableau ci-dessous permet de comparer leurs activités par voie intraveineuse chez le Chien anesthésié.

Activités des homologues acétyléniques de l'acétylcholine de l'acétyl-β-méthylcholine et de l'acétyl-γ-homocholine chez le Chien anesthésié.

	Activité muscarinique. Block cardiaque (mg/kg).	Activité nicotinique après atropinisation. Hypertension (mg/kg).
(I) $CH_3COO.CH_2.C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3I$.......	0,001–0,01 (5–20) (*)	0,5–2 (1/2–1/4)
(II) $CH_3COO.CH(CH_3).C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3I$........	0,02 –0,05 (1–2,5)	0,5 (1/2–1)
(III) $CH_3.COO.CH_2.CH_2.C{\equiv}C.CH_2N(CH_3)_3I$..	0,02 –0,05 (1–2,5)	0,5 (1/2–1)

(*) Les valeurs placées entre parenthèses représentent les activités par rapport à celle de l'acétylcholine (=1) déterminée au cours des mêmes expériences.

On y voit que l'activité muscarinique du dérivé (I) est nettement supérieure à celle des dérivés (II) et (III) alors que dans la série saturée l'acétyl-β-méthylcholine et l'acétyl-γ-homocholine sont au moins aussi actives que l'acétylcholine. L'activité nicotinique des trois esters acétyléniques est, par contre, sensiblement identique, ce qui n'est pas le cas pour les esters saturés correspondants ([4]). Le rôle du groupement C≡C apparaît donc assez complexe et variable selon l'ester en cause et le type (muscarinique ou nicotinique) d'activité.

Le dérivé (I) est plus actif que l'acétylcholine sur le cœur du Chien, au moins aussi actif sur les intestins isolés de cobaye et de lapin, 3 fois plus toxique chez la Souris par voies buccale, sous-cutanée et intraveineuse; il est 40 à 50 fois moins actif sur le rectus de grenouille. La potentialisation de ses effets par la prostigmine est assez faible, ce qui incite à penser qu'il est relativement stable et difficilement hydrolysé par les cholinestérases. Il semble qu'on puisse le considérer dès à présent comme l'un des agents parasympathomimétiques de synthèse les plus puissants à côté de la carbaminoylcholine et de l'éthylate de γ-triméthylammonium propanediol (2268 F) ([5]).

([4]) D. Bovet et F. Bovet-Nitti, Bâle, 1948, p. 339.

([5]) E. Fourneau, D. Bovet, F. Bovet et G. Montezin, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 26, 1944, p. 516.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *L'intervention de l'acide 4-amino-2-hydroxy-benzoïque dans les Trypanosomiases animales expérimentales.* Note de M. **François Pick**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'acide 4-amino-2-hydroxy-benzoïque détermine chez les rats infectés de trypanosomiase aiguë, à marche rapide, une infection chronique de longue durée, avec disparition, temporaire ou définitive, des parasites.

L'acide 4-amino-2-hydroxy-benzoïque (acide *p*-aminosalicylique : *pas*), possède, comme nous l'avons constaté, une activité trypanocide marquée *in vivo* chez des souris et des rats infestés, respectivement, par *Trypanosoma equiperdum*, *T. equinum* ou *T. brucei*.

Des doses uniques quotidiennes, administrées par voie intra-péritonéale, de l'ordre de $0^{g},0005$ de sel de soude de l'acide *p*-aminosalicylique en solution aqueuse, par gramme animal, ont au moins pour effet de doubler la longévité moyenne des animaux infestés.

L'administration de doses uniques quotidiennes de $0^{g},001$ de *pas* par gramme animal peut aboutir à l'établissement d'une courte période de négativation sanguine suivie d'une rechute, guérissable par la reprise de la même médication, ou entraîner une négativation sanguine de longue durée rendant l'animal sensible à une ré-inoculation (tableau).

Étant donné que la dose de $0^{g},005$ de sel de soude de l'acide *p*-aminosalicylique, par jour, est administrable dans la posologie humaine et que l'acide *p*-aminosalicylique est un antagoniste de l'acide *p*-aminobenzoïque, lui-même antagoniste *in vitro* de certains trypanocides arsénicaux, nous envisageons l'utilisation du *pas* et de ses dérivés, seuls ou en combinaisons additives ou synthétiques avec d'autres trypanocides, dans les Trypanosomiases humaines et animales.

Le tableau ci-après résume les faits observés, dans deux cas d'infection à *Tr. equiperdum* chez les petits rongeurs.

Action des doses quotidiennes uniques de $0^{g},10$ de sel de soude de l'acide 4-amino-2-hydroxybenzoïque, administrées par voie intrapéritonéale, sur le Trypanosoma equiperdum *inoculé à des rats de* 100^{g}.

	Rat n° 1.		Rat n° 2.	
Jour.	*pas.*	Trypanosomes dans le sang.	*pas.*	Trypanosomes dans le sang.
0	//	(Inoculation)	//	(Inoculation)
1	//	—	//	—
2	//	+	//	++
3	//	+	//	+++
	//	+	//	++

Jour.	Rat n° 1. pas.	Rat n° 1. Trypanosomes dans le sang.	Rat n° 2. pas.	Rat n° 2. Trypanosomes dans le sang.
21	″	(Inoculation)	″	(Inoculation)
22	—	—	″	+
23	—	—	″	+
24	—	—	″	++
25	—	—	″	++
26	—	—	″	+++
27	—	—	″	++
28	—	—	″	+
29	—	—	″	+
30	—	—	″	(+)
31	″	(+)	—	—
32	″	(+)	—	—
33	″	+	—	—
34	″	+	—	—
35	″	(+)	—	—
36	″	(+)	—	—
37	—	—	—	—
...	—	—	—	—
66	—	—	—	—
67	—	—	—	(Ré-inoculation)
68	—	—	—	—
69	—	—	—	—
70	—	—	—	—
71	—	—	—	—
72	—	—	—	—
73	—	—	—	—
74	—	—	—	—
75	—	—	—	(+)
76	—	—	—	+
77	—	—	—	+
78	—	—	—	++
79	—	—	—	+++
80		Survivant		Mort

La survie des animaux témoins ne dépasse pas 6 jours.

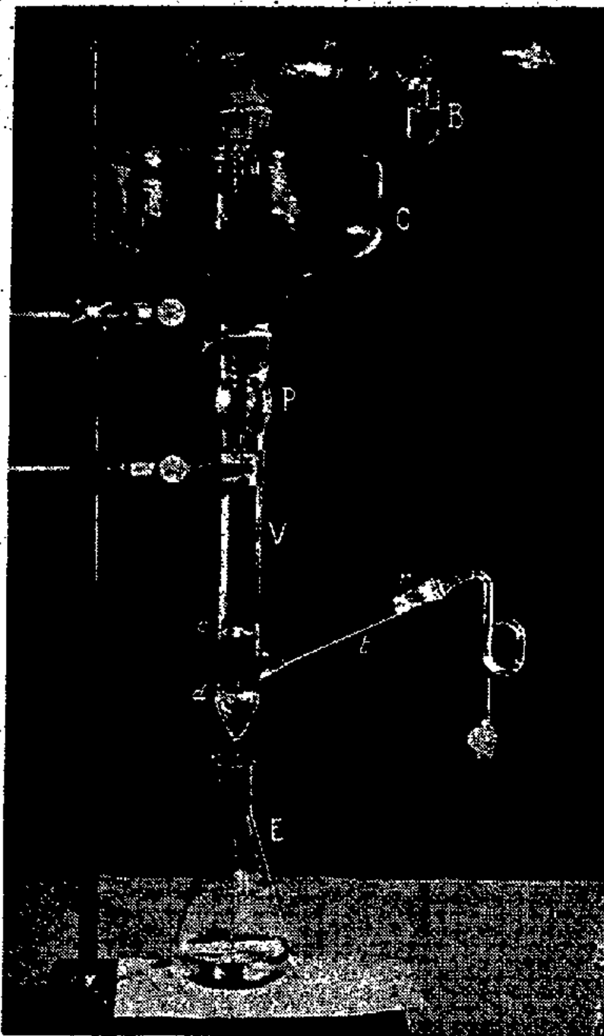
MICROBIOLOGIE. — *Culture des microorganismes en milieu continu.* Note (*) de MM. **Jacques Duché** et **Jean Neu**, présentée par M. Roger Heim.

La culture d'un microorganisme en milieu artificiel, par les techniques classiques de la microbiologie, se fait dans des conditions fort éloignées de celles qui sont réalisées dans la nature, où, dans le sol, sur la peau, dans les viscères, les organismes se trouvent dans un milieu sans cesse irrigué.

(*) Séance du 26 juin 1950.

Nous avons essayé de nous rapprocher de ces conditions naturelles en mettant les microorganismes dans un milieu nutritif renouvelé, dont les produits métabolisés se trouvent éliminés.

L'appareil suivant, dit à *milieux continus*, nous a permis de reprendre des expériences antérieures dans lesquelles des Dermatophytes (*Trichophyton*



V, vase de culture; C, récipient contenant du milieu de culture; B, barboteur; E, erlenmeyer; P, pointeau; M, molette de commande du pointeau; c, champignon de verre; d, disque de verre perforé; t, tube d'ensemencement; r, rodages.

gypseum), rapidement pléomorphisés en milieux habituels, retrouvaient leur forme normale sur de tels milieux renouvelés. Il comporte :

1° Un récipient contenant le milieu de culture, ballon de 2 à 3^{l} dont le col est fermé par un bouchon en caoutchouc à deux trous, central et latéral. La partie inférieure est prolongée par une tubulure dont l'abouchement au ballon est conique, l'extérieure est rodée de façon à s'adapter au vase de culture. Le ballon est traversé du col à la tubulure inférieure par une tige de verre glissant dans le trou central du bouchon, portant à son extrémité supérieure un bouton moletté et à sa partie inférieure un cône en caoutchouc permettant d'obstruer la tubulure inférieure. Le trou latéral du bouchon est traversé par une tubulure en verre reliant le ballon à un barboteur contenant du permanganate.

2° Un vase de culture ouvert aux deux extrémités. Par l'extrémité supé-

rieure arrive le milieu de culture, par l'extrémité inférieure sont évacués les produits résiduaires.

Le vase de culture, destiné à l'étude des champignons inférieurs, est cylindrique, en verre pyrex, son ouverture supérieure rodée en vue d'une adaptation parfaite au récipient contenant le milieu de culture, son extrémité inférieure prolongée par une tubulure de faible diamètre qui plonge dans un liquide aseptique. La longueur totale est de 50^{cm}, le diamètre de 3^{cm}. Près de l'extrémité inférieure se trouvent à l'intérieur 4 pointes permettant de supporter une plaque de porcelaine perforée sur laquelle est disposé du coton de verre. Latéralement et obliquement est soudée une tubulure dont l'axe rencontre la plaque perforée en son centre. Sur cette plaque perforée est disposé un petit champignon en verre permettant une bonne dispersion des gouttes.

Les études sur les bactéries sont faites dans un appareil dont la hauteur totale est de 50^{cm}, ce qui nous permet de stériliser le dispositif en une seule fois dans les autoclaves de modèle courant. Nous avons remplacé également pour cette culture la plaque de porcelaine perforée par une lame de verre fritté (n° 1 Pyrex), de façon à éviter l'entraînement de l'ensemencement bactérien. Pour éviter le colmatage du verre fritté, nous plaçons au-dessus une petite rondelle de papier filtre. Le champignon n'est pas soudé sur cette plaque, mais soutenu par trois pieds.

Les différentes pièces sont stérilisées à l'autoclave et, après refroidissement, ajustées aseptiquement. Le disque, surmonté du coton de verre ou de pierre ponce, est ensemencé à l'aiguille par la tubulure latérale.

Le débit est calculé de façon à faire tomber la totalité du milieu pendant un temps donné. Nos appareils sont réglés de telle sorte qu'il tombe 20 gouttes à l'heure.

Par surcroît de précautions, les joints rodés, le bouchon de caoutchouc du col du ballon sont recouverts d'un mélange fondu de paraffine et de caoutchouc à parties égales.

Nous avons obtenu les résultats suivants avec ces appareils :

Une confirmation de l'absence de pléomorphisme chez le *Trichophyton gypseum asteroides*; cette espèce perd ses caractères en l'espace de trois semaines en culture ordinaire; repiquée à partir d'une culture continue de deux mois, elle se présente en culture ordinaire avec l'aspect normal qu'elle offre après ensemencement à partir du malade.

Un *Penicillium lilacinum*, ayant perdu sa teinte rose violacé, a repris les caractères qu'il avait lors du premier isolement. Enfin, nous avons pu obtenir en 48 heures un développement abondant de Bacilles tuberculeux arrosés avec du milieu de Sauton.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Comportement sérologique des animaux domestiques vis-à-vis des antigènes rickettsiens, en milieu contaminé de* Fièvre Q. Note (*) de MM. **Paul Giroud** et **Jean Jadin**, présentée par M. Émile Roubaud.

Importance de l'infection des animaux domestiques avec *Rickettsia burneti* au Ruanda-Urundi, décelée par la technique d'agglutination. Dans l'ordre de fréquence, les caprins, les bovins, les chiens, puis les ovins, enfin les porcs, ont réagi positivement. Les chevaux, quoique exceptionnels dans cette région, sont aussi infectés.

Sur une colline des environs d'Astrida, au Ruanda-Urundi (Congo-Belge), nous avons constaté que 11 africains adultes sur 16 agglutinaient l'agent de la *Fièvre Q*, *R. burneti*, du 1:320 à 1:640. Il s'agissait de pasteurs vivant en contact particulièrement étroit avec leurs animaux domestiques. Le plus souvent, les hommes partagent leurs petites cases de paille rondes avec des chèvres ou de jeunes bovins, ce qui permet avec très peu de combustible, d'obtenir une chaleur suffisante pendant la nuit. Ces régions, quoique situées près de l'équateur, sont assez froides en raison de leur altitude élevée (1600 à 2000^{m}). De plus, certaines pratiques indigènes, comme le lavage des mains, de la figure, des récipients contenant le lait, etc., avec l'urine des vaches, peuvent servir de mode de contamination. Le pouvoir virulent des urines est connu depuis longtemps pour le typhus murin; la résistance particulière de *R. burneti* permet d'autant mieux ce type de contamination.

Notre enquête a été faite au moyen de la technique d'agglutination des rickettsies. On sait que généralement les agglutinines sont des anticorps transitoires accompagnant l'infection ou succédant à celle-ci, mais ne persistant pas très longtemps. Il semble que ce ne soit pas le cas dans un milieu hypercontaminé.

Au cours de nos recherches, nous avons utilisé du sérum frais d'animaux adultes, séparé par centrifugation après rétractation du caillot; celui-ci est ensuite mis en présence de suspensions de rickettsies en chambre humide, à des dilutions différentes. La lecture au microscope est faite après dessiccation et coloration au Giemsa.

Nous résumons, dans le tableau suivant, le résultat de l'examen des anticorps agglutinants observés chez les animaux étudiés [1]. Nous n'avons considéré comme significatifs que les taux atteignant au moins le cent soixantième.

(*) Séance du 26 juin 1950.

(1) Le Dr Hérin, Médecin vétérinaire du Territoire d'Astrida, a bien voulu pratiquer les prélèvements. Les assistants médicaux I. Ntamikevye et S. Karabaranga du Laboratoire d'Astrida nous ont aidés au point de vue technique.

Nombre d'animaux examinés.	Taux d'agglutination 1 : 160.	1 : 320.	1 : 640.	Positif.	Négatif.
16 bovins.........	5	5	3	13	3
11 ovins..........	1	0	4	5	6
12 caprins........	7	4	1	12	0
17 porcins........	1	4	0	5	12
10 chevaux........	3	1	1	5	5
10 chiens.........	3	3	0	6	4

Dans ce tableau, nous pouvons constater que 13 bovins sur 16 agglutinent *R. burneti* de 1 : 160 à 1 : 640, que 5 ovins sur 11 agglutinent au même taux, que 12 chèvres sur 12 donnent les mêmes résultats, que 5 porcs sur 17 agglutinent de 1 : 160 à 1 : 320, que 5 chevaux sur 10 et 6 chiens sur 10 agglutinent au même taux.

Il est à noter que ces animaux, suivant leur espèce, sont très fortement parasités, notamment par les tiques *Hyalomma variegatum*, *Hæmaphysalis leachi*, *Rhipicephalus sanguineus*. La fréquence de ces ectoparasites dans les pâturages est très grande. Le Docteur Hérin a constaté, en juillet 1949, jusqu'à 3000 tiques sur des bovins adultes. En octobre-novembre, après une promenade d'une heure et demie dans les pâturages de bovins, il trouvait sur lui-même 25 larves de tiques. Dans les porcheries, on rencontre des quantités considérables d'*Ornithodorus moubata*. Dans une porcherie de 20 porcs, l'un de nous (Jadin) a pu faire recueillir par dizaines de milliers des *Ornithodorus* adultes. Tous ces parasites sont non seulement considérés comme transmetteurs possibles de la *Fièvre Q*, mais peuvent même la transmettre héréditairement. Aussi les résultats que nous avons obtenus démontrent-ils l'imprégnation profonde provoquée par cet antigène. Elle est due surtout à la longue conservation du virus chez un animal infecté de façon latente et qui continue à produire, presque d'une façon permanente, des anticorps. Elle peut être due encore au fait de l'inoculation par ces parasites d'antigènes qui sont les stimulants de ces mêmes anticorps.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h 25m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 9 janvier 1950.)

Note présentée le 2 janvier 1950, de M. *Félix Bertaut*, Étude de la nature des ferrites spinelles :

Page 214, dans le tableau, sous catégorie *c*, *au lieu de* 4O + Fe — Cu, *lire* 4O + 2Fe — Cu ; sous catégorie *e*, *au lieu de* Fe, *lire* Cu.

(*Comptes rendus* du 22 mai 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *François Bertein*, *Claude Cherrier*, *Léon Verot* et *Richard Wagner*, Analyseurs photoélectriques pour le dosage des gaz colorés :

A la fin de la Note, *ajouter* : H. Copaux a proposé dès 1925 pour le dosage des vapeurs nitreuses le principe décrit et sa mise en œuvre dans un montage de laboratoire (*Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 1058).

(*Comptes rendus* du 5 juin 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Gabriel Bertrand*, Sur un cas de télétoxie récemment mis à jour :

Page 1990, 14e ligne, *au lieu de* pour ainsi dire, *lire* ou pour ainsi dire pas.

(*Comptes rendus* du 19 juin 1950.)

Note présentée le même jour, de Mlle *Marie-Claire Ollivier*, Remarques au sujet du pouvoir rotatoire magnétique des solutions et de sa variation thermique :

Page 2172, 1re et 2e lignes en remontant, *supprimer* (*loc. cit.*). Il y en a probablement aussi à des températures plus basses et plus hautes, *et reporter ce texte* page 2173, 3e ligne, *après* courbe VIII.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 JUILLET 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à MM. **HERBERT MCLEAN EVANS**, Professeur de biologie à l'Université de Californie, **JOVAN KARAMATA**, Professeur à l'Université de Belgrade, Membre de l'Académie Yougoslave, **RATIB BEY**, Membre de l'Institut d'Égypte, qui assistent à la séance.

RADIOBIOLOGIE. — *Mise en évidence autoradiographique de l'absorption, par des bactéries, de la 2-sulfanilamidopyridine.* Note de MM. **ANTOINE LACASSAGNE**, **NG. PH. BUU-HOÏ**, **FRANÇOIS ZAJDELA** et **NG. DAT XUONG**.

Faute de pouvoir nous servir du radiosoufre, reçu d'Harwell sous forme d'acide sulfurique, pour réaliser une expérience projetée de synthèse d'une thiazine marquée, nous avons décidé d'utiliser ce matériel pour mettre au point un procédé d'autoradiographie permettant de déceler les trajectoires des rayons β très mous, émis par S^{35}(0,10 à 0,12 MeV).

On sait que la méthode de détection photographique des radioéléments dans les tissus, imaginée par l'un de nous au moyen du polonium [1], a fait de rapides progrès dans ces dernières années, avec l'emploi des radio-isotopes. Les perfectionnements apportés à la méthode par divers auteurs, ont permis de passer, du stade de repérage des localisations topographiques de la substance dans les organes, à la photographie du parcours individuel de particules dans les cellules [2]. Mais cette mise en évidence, de réalisation simple en cas de trajectoires courtes, rectilignes et denses comme celles des α (*voir* cliché 1), est particulièrement délicate avec les β de faible énergie émis par C^{14} et S^{35}.

---

(1) A. LACASSAGNE et J.-S. LATTÈS, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 488.

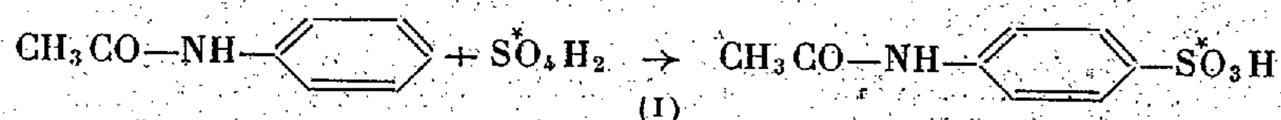
(2) K. M. ENDICOTT et YAGODA, *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, 64, 1947, p. 170.

Afin de simplifier le problème, nous avons décidé de commencer avec des organismes très petits, en faisant absorber S^{35} à des bactéries, qui serviraient de foyers d'émission d'électrons.

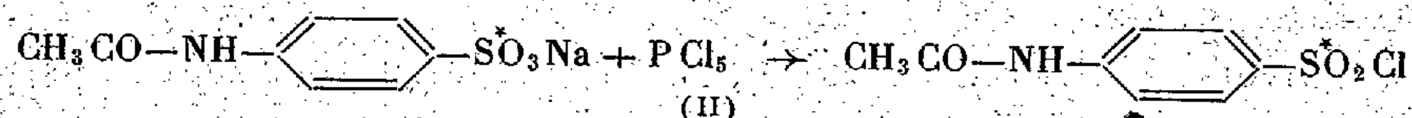
Pour cela, il a paru indiqué de synthétiser une sulfamide marquée, et nous avons choisi la 2-sulfanilamidopyridine (*Dagénan*).

La synthèse de la 2-sulfanilamidopyridine radioactive a été réalisée à partir de $1^{cm^3},5$ d'acide sulfurique concentré, ayant une activité de 1,5 millicurie, par les opérations suivantes :

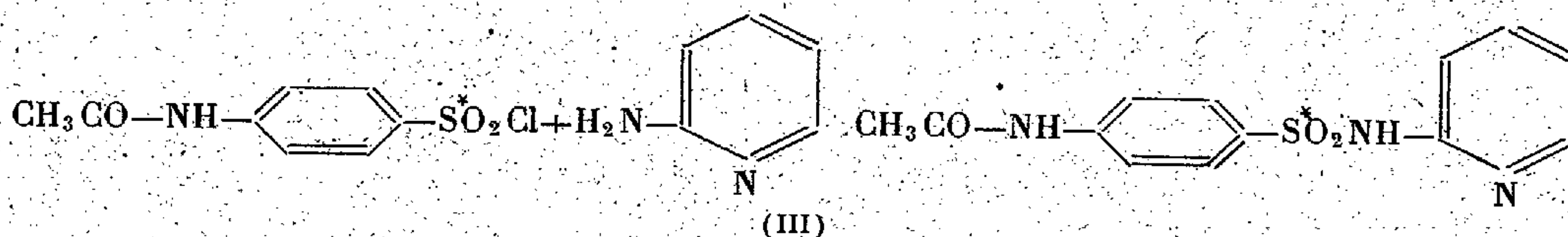
1° Sulfonation de l'acétanilide en acide N-acétylsulfanilique (I), au moyen de la méthode de *Söll* et *Stutzer* (³), en utilisant comme solvant l'anhydride acétique



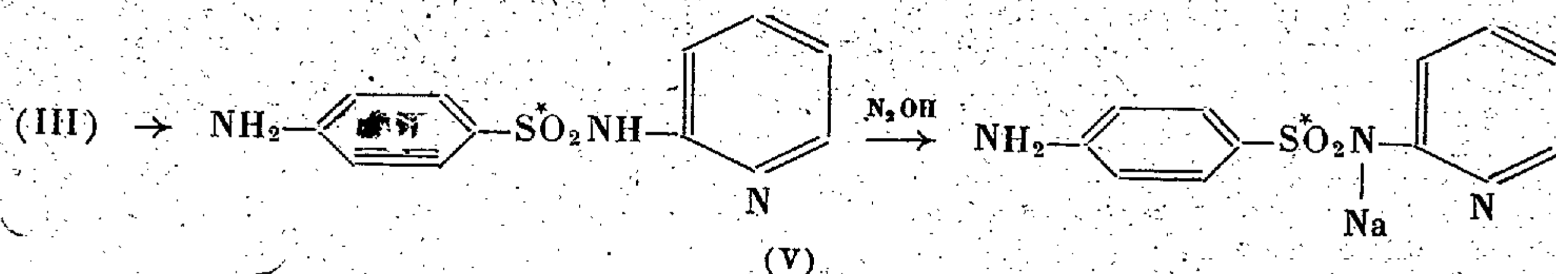
2° Transformation de l'acide (I) en N-acétylsulfanilate de sodium sec, et réaction de ce dernier sel avec le pentachlorure de phosphore, avec obtention (⁴) du chlorure de l'acide N-acétylsulfanilique (II)



3° réaction du chlorure d'acide précédent sur la 2-aminopyridine au sein de la pyridine anhydre, avec obtention du dérivé acétylé (III) de la sulfanilamidopyridine :



4° désacétylation du composé (III), au moyen de la soude aqueuse, en 2-sulfanilamidopyridine (IV), qu'on obtient directement sous la forme de son dérivé sodique hydrosoluble (V) (*Soludagénan*),



On aboutit ainsi à une préparation de 2-sulfanilamidopyridine sodique, de radioactivité égale à 1,35 millicurie.

(³) *Ber. dtsch. Chem. Gesells.*, **42**, 1909, p. 4539.
(⁴) G. SCHROETER, *Ibid.*, **39**, 1906, p. 1562.

L'*expérience biologique* a consisté à faire agir ce produit, pendant 24 heures, sur des cultures en bouillon ordinaire (5^{mg} pour 10^{cm^3}) de trois espèces de bactéries : *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus haemol.* et *Escherichia coli*. Les cultures étaient ensuite centrifugées, lavées à fond, desséchées, et finalement étalées au moyen d'une fine aiguille sur un emplacement repéré d'une lame de verre préalablement gélatinée; enfin, on déposait à la surface de celle-ci une émulsion photosensible de 100^{μ} d'épaisseur, provenant de plaques photographiques spéciales (Ilford, type G_5 très sensibles aux rayons β mous).

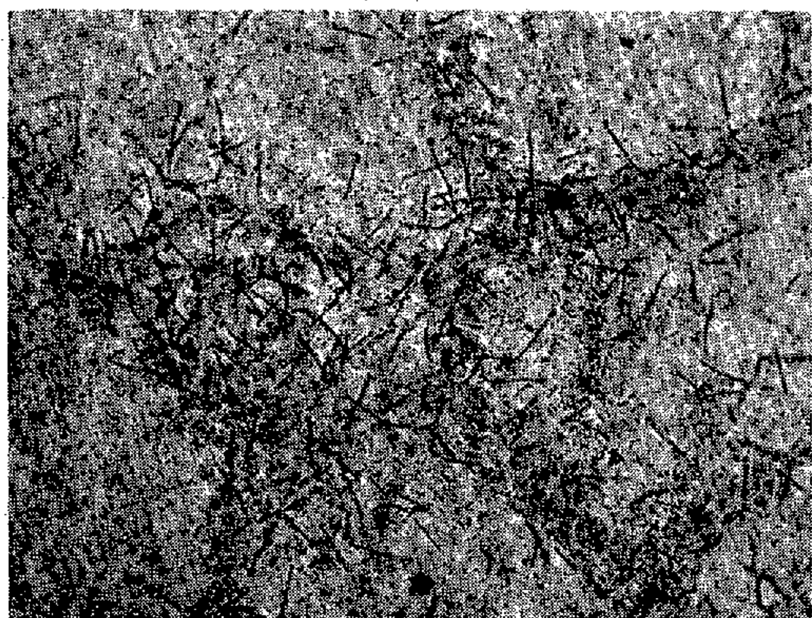


Fig. 1. — Autoradiogramme d'une coupe de poumon d'une souris ayant reçu une injection de polonium : trajectoires de particules α à partir des parois alvéolaires.

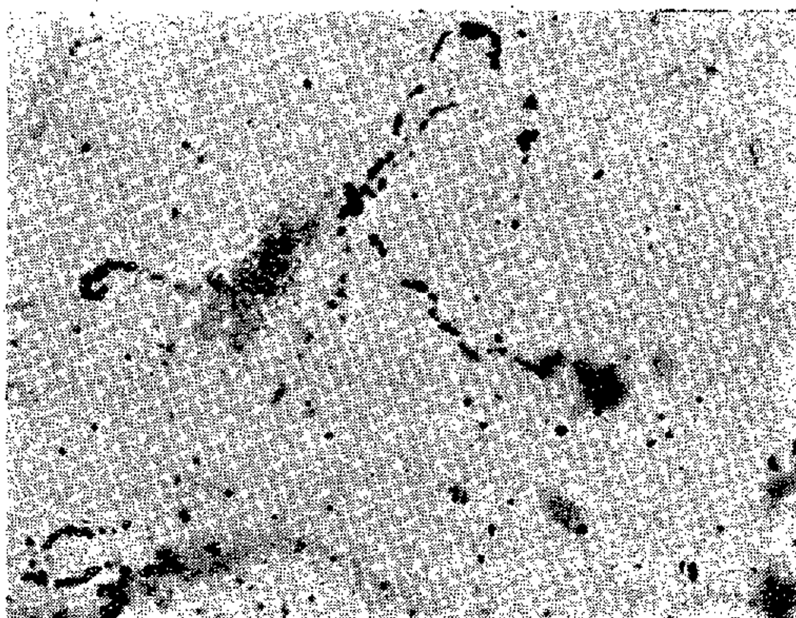


Fig. 2.

Ces plaques avaient été conservées dans un puits de 30^{m} de profondeur. Elles étaient d'abord débarrassées des trajectoires parasites, au moyen de la technique d'effacement d'*Albouy* (5) (en atmosphère de vapeur saturante à 65° C environ). Tout de suite après, des morceaux de plaque, de taille appropriée, étaient plongés dans l'eau pendant 20 minutes afin de faciliter le décollement de l'émulsion; celle-ci était alors appliquée, dans des conditions convenables, sur les frottis microbiens. Les préparations ainsi obtenues étaient chauffées quelques instants à 40-42° sur une plaque de cuivre, et laissées de 12 à 24 heures dans une boîte étanche à la lumière, contenant un absorbeur d'humidité. On développait par la méthode de *Dilworth, Occhialini et Payne* (6); fixation à l'hyposulfite de sodium à 30 %, après un court séjour dans un bain d'arrêt d'acide acétique à 0,2 %.

Le cliché 2 correspond à la microphotographie d'un radiogramme typique, obtenu à l'emplacement d'une préparation de staphylocoques marqués. Il fait ressortir l'image de cinq trajectoires β émises par des corps microbiens (non

(5) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1351.
(6) *Nature*, 162, 1948, p. 102.

visibles sur la microphotographie de la préparation, parce que se trouvant dans un plan sous-jacent). On a obtenu de pareils autogrammes avec des streptocoques traités par la 2-sulfanilamidopyridine. Par contre, les cultures d'*Escherichia coli*, soumises aux mêmes conditions, ont donné des résultats négatifs.

En conclusion, il semble que des trois bactéries étudiées, le Streptocoque et le Staphylocoque se montrent capables d'absorber la 2-sulfanilamidopyridine, à l'inverse d'*Escherichia coli*. Ces résultats fournissent une confirmation directe des travaux selon lesquels ce dernier microbe est réfractaire à l'action des sulfamides. Ils suggèrent que la résistance d'une bactérie à une sulfamide semble dépendre de la non-absorption du produit, plutôt que d'une neutralisation intra-cellulaire de l'activité antibiotique.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Sur l'invariance de la rotativité dans l'état fluide.* Note (*) de M. **René de Mallemann**.

On compare les variations de la rotation spécifique et de la rotativité en fonction de la température.

Le pouvoir rotatoire magnétique *spécifique* [Λ] d'une substance, chimiquement stable, augmente de 20 à 50 % dans le passage du *gaz au liquide*. Ce fait, très général, suffirait à montrer que la grandeur en question n'est pas indépendante de l'état physique, même approximativement, et que, pour la phase liquide, [Λ] doit diminuer sensiblement avec l'accroissement de la température. Cette variation (continue) fut mise en évidence de manière indiscutable par Perkin. Le taux de variation est relativement grand pour les composés organiques de la série aromatique, et, en général, plus faible pour ceux de la série grasse où, dans nombre de cas, il dépasse à peine la précision des mesures. Ainsi, pour les acides acétique et propionique, le taux n'atteint pas 1 % entre 20° et 90° (1); plus récemment, Salceanu (2) a observé des acides gras fondus et conclut que [Λ] reste *constant* à 1 % près, dans un intervalle de l'ordre de 100°. Le même auteur donne aussi un certain nombre d'exemples où la variation *très notable* de [Λ] est assez exactement proportionnelle à celle de la quantité $(n^2-1)^2/nd^2$, en accord avec une formule théorique que nous avions indiquée antérieurement (3). Cette relation ne

(*) Séance du 3 juillet 1950.

(1) Les coefficients indiqués par Perkin sont d'ailleurs un peu trop grands, l'auteur rapportant tous les [Λ] à celui de l'eau, *à la température des expériences*; nous avons corrigé les nombres pour avoir les coefficients *vrais*.

(2) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 676; 198, 1931, p. 161; *Thèse*, Paris, 1932.

(3) *J. Phys.*, 7, 1926, p. 295.

dépendant pas de l'expression particulière du champ moléculaire, il peut être intéressant de voir dans quelle mesure les résultats s'accordent avec la valeur classique, corrélativement avec l'invariance de la *rotativité* théorique [Ω]. On aurait dans ce cas

$$[\Lambda]=[\Omega]\frac{(n^2+2)^2}{9n} \qquad \text{et} \qquad \frac{d[\Lambda]}{[\Lambda]}=\frac{3n^2-2}{n^2+2}\frac{dn}{n};$$

le *coefficient de température* de la rotation spécifique s'exprimerait ainsi d'une manière simple en fonction du coefficient de température de l'indice.

En prenant $n=1,5$ et $dn=5.10^{-4}$ par degré, on calcule $d[\Lambda]/[\Lambda]=3,7.10^{-4}$, soit une variation relative de 0,037 par 100 degrés, nombre assez voisin du coefficient (moyen) déterminé par Perkin pour le benzène.

Le tableau I permettra de comparer les variations relatives de [Λ] et de [Ω]. (Nous avons dû mesurer les indices de la *diphénylamine*) ([4]).

I. $\lambda=578^{m\mu}$.	t.	n.	$[\Lambda]_M.10^5$.	$[\Omega]_M.10^5$ (rad).
Naphtalène	83°,5	1,5917	180,6	126
	185°	1,5330	172,8	126
Phénanthrène	100	1,6600	284,0	187,5
	170	1,6291	278,0	188
Triphénylméthane	100	1,5950	263,4	183
	160	1,5680	258,1	183
Diphénylamine	68	1,626	247	167,7
	151	1,581	238	167,3

D'autre part, M. Grange a observé dans notre laboratoire le *stilbène* et le *tolane* : *a*. fondus; *b*. en solutions benzéniques.

II.		t.	d.	n_t^{578}.	$[\Lambda]_M.10^5$.	$[\Omega]_M.10^5$.
Stilbène :	*a*. Fondu	170°	$0,920_{170/4°}$	1,588	235	164
»	*b*. Sol. $\tau=0,080$	20	$0,8912_{20/20°}$	1,5156	(252)	166
Tolane :	*a*. Fondu	70	$1,017_{70/70°}$	1,630	230	156
	b. Sol. $\tau=0,089$	20	$0,8924_{20/20°}$	1,5184	(236)	159

D'après I, [Ω] est quasiment indépendant de la température du liquide; d'après II, on trouve à peu près la même valeur de [Ω] pour la substance *fondue* et pour la substance *dissoute* à la température ordinaire. Dans les deux cas, la variation relative de [Ω] est certainement très inférieure à celle de [Λ].

Il ne semble pourtant pas que l'expression de [Λ] en fonction de n et de [Ω] s'applique également bien à tous les corps. L'*eau* constitue une exception certaine (sa rotation spécifique *augmente* faiblement avec la température).

([4]) Nous avons observé aussi la *triphénylamine*, mais celle-ci présente une bande d'absorption intense qui couvre presque tout le spectre et a empêché les mesures de rotation précises. Fondue : $n_{120°}^{578}=1,60$. En solution C_6H_6 : $[\Omega]_M=253.10^{-5}$, $[\Lambda]_M=372.10^{-5}$.

D'autre part, si la dépendance entre [A] et n est qualitativement en accord avec la généralité des résultats expérimentaux, le taux devant croître avec n et dn/n (les composés aromatiques sont notablement plus réfringents que les composés gras ou cyclaniques), il semble néanmoins que la formule donnerait, de manière générale, un coefficient de température supérieur à 1 %, donc, dans nombre de cas, *trop grand* (acides gras, etc.). Rappelons à ce propos que l'invariance de [Ω] dans le passage du liquide au gaz est seulement *approchée* ([5]).

Est-ce à dire que la *rotativité* pourrait dépendre elle-même, dans une certaine mesure, des contraintes subies par les *molécules* du corps? La question posée sous cette forme nous paraît impliquer *contradiction*, ceci aussi bien dans le cas de la *réfractivité* et généralement de toutes les grandeurs dites *moléculaires*. Ces grandeurs doivent en effet correspondre, *par définition*, à des propriétés spécifiques (physiquement invariantes) de l'espèce chimique, autrement dit à des paramètres caractéristiques de chaque molécule prise individuellement, abstraction faite des changements qui peuvent résulter de la présence des autres molécules de la substance. Pour obtenir expérimentalement leurs valeurs, il faudrait donc opérer sur des gaz, dans un état aussi voisin que possible de l'état idéal du gaz parfait. En dehors de cet état *limite*, la propriété en question se présentera avec une intensité plus ou moins modifiée du fait des interactions moléculaires et l'on doit poser le problème de la manière suivante : *est-il possible d'exprimer le paramètre expérimental* (*non spécifique*) *en fonction de certaines variables d'état et de la grandeur moléculaire spécifique?* La réponse consisterait à trouver une expression correcte du champ d'interaction. En ce qui concerne le champ *optiquement* efficace, un raisonnement élémentaire connu conduit à la solution de *première approximation* qui représente simplement l'effet moyen de ce champ par le facteur $(n^2+2)/3$; ceci, bien entendu, sous la réserve que les contraintes subies par les molécules correspondent à des *déformations* du type purement élastique (linéaire), à l'exclusion de toutes modifications comparables à des déformations permanentes. L'expérience justifie assez bien cette approximation, au moins pour les phénomènes optiques du *premier* ordre (réfraction et rotation magnétique).

En ce concerne plus spécialement la *rotativité*, les données acquises permettent d'affirmer que l'on obtiendra généralement une valeur assez *approchée* en multipliant la rotation spécifique du liquide par $9n/(n^2+2)^2$. Les écarts constatés (comparativement aux nombres mesurés dans les gaz sous faible pression) seraient dus au manque de rigueur du facteur d'indice, conclusion que viennent d'ailleurs corroborer les résultats relatifs à la réfractivité et à d'autres *constantes moléculaires*.

([5]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1819.

Mlle **Simone De Wildeman** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire de son Père, **Émile De Wildeman**, intitulé : *Notes pour l'histoire de la botanique et de l'horticulture en Belgique.*

M. **Selman A. Waksman** fait hommage de deux fascicules : 1° *The Bela Schick lecture. Searching for new chemotherapeutic agents. A travelogue;* 2° *Fradicin, an Antifungal Agent Produced by Streptomyces fradiæ,* ce dernier en collaboration avec MM. E. Augustus Swart et Antonio H. Romano.

M. **Thomas Wallace** adresse une brochure intitulée : *Cawthron lecture,* 1949. *The Mineral Nutrition of Crops, with Special Reference to Fruit Crops.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Union géodésique et géophysique internationale. Commission du Bassin de la Seine. *Cahiers* n°s 7, 8, 9, 10, 11.

2° Union internationale de chimie pure et appliquée. *Comptes rendus de la quinzième Conférence. Amsterdam,* 5-10 *septembre* 1949.

3° Chicago natural history Museum. *Feldiana : Zoology Memoirs.* Volume I.

ALGÈBRE. — *Axiomatique des treillis modulaires* [1].
Note (*) de M. **Robert Croisot**, présentée par M. Élie Cartan.

Soient x et y deux éléments d'un treillis. Je dis que le couple (x, y) vérifie la propriété d lorsque l'on a l'une des quatre conditions équivalentes : si une chaîne $\{(x_\iota, y_\iota)\}$ du produit cardinal $[x \cap y, x] \times [x \cap y, y]$ est *sans répétition,* la chaîne $\{x_\iota \cup y_\iota\}$ est *sans répétition*; l'application $(x', y') \rightarrow x' \cup y'$ de ce produit dans le treillis $[x \cap y, x \cup y]$ est *biunivoque*; l'application $z' \rightarrow (z' \cap x, z' \cap y)$ de $[x \cap y, x \cup y]$ dans le produit est *une application sur*; toute chaîne maximale $\{(x_\iota, y_\iota)\}$ de $[x \cap y, x] \times [x \cap y, y]$ peut être obtenue sous la forme $x_\iota = z_\iota \cap x$, $y_\iota = z_\iota \cap y$, à partir d'une chaîne $\{z_\iota\}$ de $[x \cap y, x \cup y]$. Je dis que le couple (x, y) vérifie la propriété g si, pour toute chaîne *maximale sans répétion* $\{(x_\iota, y_\iota)\}$, la chaîne $\{x_\iota \cup y_\iota\}$ est aussi *maximale sans répétition.* Lorsque, dans un treillis, tout couple (x, y) vérifie

(*) Séance du 3 juillet 1950.

(1) Voir *Comptes rendus,* 231, 1950, p. 12.

la propriété d ou la propriété g, je dis que le treillis satisfait la condition (D) ou la condition (G) respectivement [2].

1. Théorème 1. — *Dans un treillis, la modularité est équivalente à l'une ou l'autre des conditions* (A) [1], (C) [1], (D), (G) *et des conditions duales* [3].

En utilisant l'une des formes de la condition a, on voit que (A) n'est autre que la définition du treillis modulaire. On a déjà remarqué que, pour un couple (x, y), on a $c \rightleftharpoons a$ et b; il en résulte que l'on a (C) $\rightleftharpoons$ (A) et (B) [1]; or, un treillis modulaire satisfait (B) [4] et ceci devient (C) $\rightleftharpoons$ (A). Il est immédiat que, pour un couple (x, y), on a $d \Rightarrow a$; donc on a (D) $\Rightarrow$ (A) et il est assez facile de voir que si (D) est en défaut, il en est de même de (A), d'où (A) $\rightleftharpoons$ (D). Pour un couple (x, y), on a aussi $g \rightleftharpoons d$ et f; on en déduit (G) $\rightleftharpoons$ (D) et (F); et, puisque (D) caractérise un treillis modulaire qui satisfait (F) [4], ceci se réduit à (G) $\rightleftharpoons$ (D). Enfin, chacune des conditions (A), (C), (D), (G) équivaut à sa duale puisque la modularité est une propriété auto-duale.

2. Théorème 2. — *L'une des conditions* (F) *ou* (B) *et l'une des conditions* (R′) *ou* (L′) *caractérisent un treillis modulaire* (on a évidemment le résultat dual).

D'abord, un treillis modulaire vérifie toutes ces conditions [4]. En raison des implications qui les lient, il suffit de montrer qu'un treillis vérifiant (B) et (L′) est modulaire. Pour cela, envisageons un treillis non modulaire; il admet un sous-treillis isomorphe au treillis non modulaire de cinq éléments; soient t_1, y'_1, y_1, x_1, z_1 tels que l'on ait : $t_1 < y'_1 < y_1 < z_1$ et $t_1 < x_1 < z_1$, les éléments de ce sous-treillis; soit $\{y_i\}$ une chaîne maximale entre t_1 et y'_1; si la chaîne $\{y_i \cup x_1\}$ n'est pas maximale, le couple (y'_1, x_1) ne satisfait pas la propriété b; si cette chaîne est maximale, le couple (x_1, y_1) ne satisfait pas la propriété l'.

---

(2) D'une manière analogue, je dis que le couple (x, y) vérifie la propriété e lorsque l'on a l'une des quatre conditions équivalentes : si une chaîne $\{z_i\}$ du treillis $[x \cap y, x \cup y]$ est *sans répétition*, la chaîne $\{(z_i \cup x, z_i \cup y)\}$ du treillis $[x, x \cup y] \times [y, x \cup y]$ est aussi *sans répétition;* l'application $z' \to (z' \cup x, z' \cup y)$ du premier treillis dans le second est *biunivoque;* l'application $(x', y') \to x' \cap y'$ du second treillis dans le premier est *une application sur;* toute chaîne maximale $\{z_i\}$ entre $x \cap y$ et $x \cup y$ peut être obtenue sous la forme $z_i = x_i \cap y_i$ à partir d'une chaîne $\{(x_i, y_i)\}$ du produit $[x, x \cup y] \times [y, x \cup y]$.

La propriété (E) caractérise les treillis *distributifs* (ainsi que la condition duale). En effet, d'une part, dans un treillis distributif, l'application $z' \to (z' \cup x, z' \cup y)$ est biunivoque car z' est déterminé par $(z' \cup x) \cap (z' \cup y) = z' \cup (x \cap y) = z'$; d'autre part, un treillis non distributif contient comme sous-treillis, ou bien le treillis non modulaire à cinq éléments, ou bien le treillis modulaire non distributif à cinq éléments, et il est facile de voir que, dans l'un ou l'autre des cas, la condition (E) est en défaut.

(3) La condition duale de la condition (A) (par exemple) sera désignée par (A′). De même, pour un couple (x, y), la propriété duale de a (par exemple) sera désignée par a'.

(4) Un treillis modulaire satisfait (F) (G. Birkhoff, *loc. cit.*, p. 101), donc (B), puisque l'on a (F) $\Rightarrow$ (B). Il satisfait (R) (il est, en effet, facile de voir que, si (R) est en défaut, il existe un sous-treillis isomorphe au treillis non modulaire de cinq éléments), donc (L), puisque l'on a (R) $\Rightarrow$ (L).

3. THÉORÈME 3. — *En présence d'une condition de chaîne (ascendante ou descendante), les couples de conditions* : (R) et (R′), (L) et (L′), (F) et (F′), (B) et (B′), (S) et (S′), (M) et (M′), (α) et (α') *caractérisent les treillis modulaires* ([5]).

En ce qui concerne les six premiers couples, compte tenu des relations qui existent entre ces conditions, il suffit d'établir qu'un treillis satisfaisant la condition de chaîne descendante, la condition (M) et la condition (M′) est modulaire; c'est une conséquence du théorème 2, du fait qu'un treillis satisfaisant la condition de chaîne descendante et la condition (M) vérifie la condition (B) et du fait qu'un treillis satisfaisant la condition de chaîne ascendante et la condition (M) vérifie la condition (L). En ce qui concerne le dernier couple, le résultat est une conséquence immédiate du

LEMME. — *Dans un treillis non modulaire vérifiant (α) et (α'), il existe une chaîne ascendante et une chaîne descendante infinies.*

4. Il existe des contre-exemples (treillis complets) qui montrent que, sans condition de chaîne, les couples considérés au théorème 3 ne suffisent pas à entraîner la modularité.

5. En particulier, on voit que le couple (F) et (F′) n'entraîne pas la modularité dans un treillis quelconque, même complet. Il l'entraîne dans un treillis vérifiant une condition de chaîne ([6]).

ALGÈBRE. — *Un critère d'irréductibilité sur le corps des nombres rationnels du polynome caractéristique de matrices dont les éléments sont des entiers.* Note de M. **MAURICE PARODI**, présentée par M. Henri Villat.

De la connaissance du domaine du plan complexe où se trouvent les valeurs caractéristiques d'une matrice, on déduit un critère d'irréductibilité sur le corps des nombres rationnels du polynome caractéristique de certaines matrices à éléments entiers.

On sait qu'étant donné un polynome de degré n

$$(1) \qquad f(x) \equiv x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n \qquad (a_n \neq 0),$$

dont tous les coefficients sont des entiers réels, ce polynome est irréductible sur le corps des nombres rationnels, quand les modules de $(n-1)$ de ses zéros sont inférieurs à l'unité.

Nous trouverons donc des conditions d'irréductibilité du polynome caractéristique d'une matrice régulière $A = (a_{ij})$, d'ordre n, à éléments entiers, en

([5]) Des contre-exemples montrent que, en présence d'une condition de chaîne, et même pour un treillis complet, les couples de conditions (γ) et (γ'), (β) et (β'), (2) et (2′), (1) et (1′) n'entraînent pas la modularité.

([6]) BIRKHOFF, *loc. cit.*, p. 102, problème 44.

exprimant que $(n-1)$ de ses valeurs caractéristiques se trouvent dans le cercle unité.

Les valeurs caractéristiques de A sont solutions de l'équation

$$(2)\qquad \| a_{ij} - \delta_{ij} x \| = 0$$

et, dans le plan complexe, elles se trouvent à l'intérieur du domaine limité par les n circonférences.

$$(3)\qquad | a_{ii} - z | = \sum_{i \neq j} | a_{ij} | \qquad (i, j = 1, 2, \ldots, n).$$

On sait d'autre part [1] que si parmi les valeurs des indices i qui caractérisent ces circonférences, il en existe une, $m\,(1 \leqq m \leqq n)$, telle que pour tout $\lambda\,(\lambda = 1, 2, \ldots n)$, on ait

$$(4)\qquad | a_{mm} - a_{\lambda\lambda} | > \sum_{\mu \neq m} | a_{m\mu} | + \sum_{\nu \neq \lambda} | a_{\lambda\nu} | \qquad (\lambda, \mu, \nu = 1, 2, \ldots, n),$$

le cercle

$$(5)\qquad | a_{mm} - z | = \sum_{k \neq m} | a_{mk} | \qquad (k = 1, 2, \ldots, n)$$

contient *une et une seule* valeur caractéristique de A, valeur caractéristique qui est réelle puisque les éléments de A le sont.

La relation (4) signifie que la circonférence d'équation (5) est extérieure aux circonférences correspondant aux indices $i \neq m$.

De ces considérations, il résulte que le polynome caractéristique de la matrice A considérée, sera irréductible si $(n-1)$ des circonférences d'équations (3) sont situées tout entières à l'intérieur du cercle unité et si la $n^{\text{ième}}$ est extérieure à ce cercle (et ne le contient pas).

On obtient ainsi le critère d'irréductibilité sur le corps des nombres rationnels au polynome caractéristique de A :

$$(6)\qquad \begin{cases} \sum_{j} | a_{ij} | \leqq 1 & (i = 1, 2, \ldots, m-1, m+1, \ldots, n); \\ | a_{mm} | - \sum_{l \neq m} | a_{ml} | > 1 & (l = 1, 2, \ldots, n). \end{cases}$$

La première des conditions (6) montre que le critère ne vaut que pour des matrices dont $(n-1)$ lignes ne comportent qu'un élément de module égal à l'unité et qui n'ont pas de valeurs caractéristiques sur le cercle unité.

Ces considérations permettent de retrouver le critère de Perron [2] relatif

---

[1] Brauer, *Duke Math. Jour.*, **13**, 1946, p. 387.

[2] *Journal de Crelle*, **132**, 1906, p. 288.

aux polynomes à coefficients entiers du type (1); les zéros de ces polynomes sont les valeurs caractéristiques d'une matrice de forme bien connue rentrant dans le type précédent; le domaine des racines est le cercle unité et la circonférence d'équation

$$|a_1 + z| = \sum_{j=2}^{n} |a_j|.$$

Le polynome (1) sera irréductible si cette dernière circonférence est extérieure au cercle unité, ce qui veut

$$a_1 > 1 + \sum_{j=2}^{n} |a_j|:$$

C'est le critère de Perron.

Remarquons que les résultats précédents s'étendent au domaine complexe.

ALGÈBRE. — *Une méthode nouvelle pour le calcul des racines complexes des équations algébriques à coefficients réels.* Note de M. **Eugène Bonneau**, présentée par M. Jean Chazy.

La méthode présentée est un perfectionnement de la méthode de Graeffe, suggéré par la méthode de linéarisation de J. M. Souriau. Cette méthode permet de calculer numériquement les modules et les parties réelles des racines complexes. Ces calculs ont été mécanisés.

Soit à résoudre l'équation algébrique à coefficients réels

$$P_0(z) = A_{0,0}z^n + A_{1,0}z^{n-1} + \ldots + A_{n-1,0}z + A_{n,0} = 0, \qquad \text{avec} \quad A_{n,0} \neq 0.$$

Nous appellerons $z_1, z_2, \ldots, z_n$ ses racines rangées par ordre de module non croissant $|z_i| \geq |z_{i+1}|$.

Nous supposons que les racines du demi-plan supérieur et les racines réelles sont simples et ont des modules distincts.

La méthode de Graeffe consiste à former successivement les polynomes

$$P_k(z) = A_{0,k}z^n + A_{1,k}z^{n-1} + \ldots + A_{n-1,k}z + A_{n,k}$$

admettant pour racines les nombres $-z_i^{2^k}$. On obtient leurs coefficients au moyen de la relation de récurrence

$$(1) \qquad A_{i,k+1} = A_{i,k}^2 + 2\sum_{j} (-1)^j A_{i-j,k} A_{i+j,k}.$$

Si z_i est réel, la quantité $R_{i,k} = (A_{i,k}/A_{i-1,k})^{1/2^{k-1}}$ tend vers $|z_i|^2$ lorsque k tend vers l'infini. Dans le cas d'un couple de racines complexes conjuguées, donc consécutives, z_i et z_{i+1}, les quantités $R_{i,k}$ et $R_{i+1,k}$ n'ont pas de limites,

mais la quantité

$$S_{i,k}=\left(\frac{A_{i+1,k}}{A_{i-1,k}}\right)^{\frac{1}{2^k}}$$

a pour limite la quantité $|z_i|^2=|z_{i+1}|^2$.

Dans le but de déterminer les racines et non seulement leurs modules, nous proposons l'artifice suivant. Remplaçons le polynome P_0 par le polynome $Q_0(z)=P_0(z-\lambda)$, λ étant un nombre complexe. On peut montrer qu'il existe un nombre α tel que $S_{i,k}$ converge uniformément et soit une fonction holomorphe de λ dans le cercle $|\lambda|\leqq\alpha$. Le théorème de Weierstrass montre alors que l'on a

$$\lim_{k\to\infty}\frac{d}{d\lambda}\big(S_{i,k}(\lambda)\big)=\frac{d}{d\lambda}\lim_{k\to\infty}\big(S_{i,k}(\lambda)\big),$$

et que $\lim\limits_{k\to\infty}S_{i,k}(\lambda)$ est une fonction holomorphe.

Lorsque λ est réel, on a

$$\lim_{k\to\infty}\big(S_{i,k}(\lambda)\big)=|z_i+\lambda|^2=z_i\bar{z}_i+\lambda(z_i+\bar{z}_i)+\lambda^2,$$

et l'expression étant fonction holomorphe pour λ complexe, est par prolongement analytique, la limite de $S_{i,k}(\lambda)$ pour λ complexe ; d'où

$$\lim_{k\to\infty}\frac{d}{d\lambda}\big(S_{i,k}(\lambda)\big)=\frac{d}{d\lambda}\left[z_i\bar{z}_i+\lambda(z_i+\bar{z}_i)+\lambda^2\right]=z_i+\bar{z}_i+2\lambda.$$

Il suffira donc de connaître cette dérivée pour $\lambda=0$, pour obtenir la partie réelle de z_i. A cet effet, nous utilisons la méthode proposée par M. J.-M. Souriau [1], qui consiste à employer les nombres duaux de la forme $u=p+\varepsilon q$ avec $\varepsilon^2=0$. Toute fonction holomorphe f peut être étendue à ces nombres par la relation

$$f(u)=f(p)+\varepsilon q f'(p).$$

Nous posons ainsi

$$u=z-\varepsilon,\qquad Q_0(z)=P_0(u)=P_0(z)-\varepsilon P'_0(z).$$

On formera les polynomes $Q_k(z)$ avec la relation de récurrence (1) qui, développée pour les coefficients duaux $A_{i,k}+\varepsilon B_{i,k}$, donne

$$B_{i,k+1}=2\left\{A_{i,k}B_{i,k}+\sum_j(-1)^j\left[A_{i-j,k}B_{i+j,k}+A_{i+j,k}B_{i-j,k}\right]\right\}.$$

$S_{i,k}$ devient

$$\left(\frac{A_{i+1,k}+\varepsilon B_{i+1,k}}{A_{i-1,k}+\varepsilon B_{i-1,k}}\right)^{\frac{1}{2^k}}=\left(\frac{A_{i+1,k}}{A_{i-1,k}}\right)^{\frac{1}{2^k}}\left[1+\frac{\varepsilon}{2^k}\left(\frac{B_{i+1,k}}{A_{i+1,k}}-\frac{B_{i-1,k}}{A_{i-1,k}}\right)\right],$$

(1) *L'information des Sciences physiques*, 5, 1947.

et par suite la partie réelle des racines z_i et z_{i+1} est égale à

$$|z_i|^2 \lim_{k\to\infty} \frac{1}{2^{k+1}}\left(\frac{B_{i+1,k}}{A_{i+1,k}} - \frac{B_{i-1,k}}{A_{i-1,k}}\right).$$

Le procédé est mécanisable, et a été réalisé d'une façon entièrement automatique au moyen des machines comptables à cartons perforés du Central mécanographique de l'O. N. E. R. A. A titre d'exemple, une équation du dixième degré a été résolue en 5 heures, les cinq couples de racines complexes ayant été déterminés avec sept chiffres significatifs exacts.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la courbure moyenne des variétés intégrales d'une équation de Pfaff* $\omega = 0$. Note de M. **Georges Reeb**, présentée par M. Élie Cartan.

Soit V_{n+1} une variété de Riemann orientable connexe et compacte à $n+1$ dimensions, de classe C_3; soit U un ensemble ouvert de V_{n+1}. Soit E_n un champ d'éléments de contact orientés (¹) de dimension n et de classe C_2, défini dans U. On peut se donner au voisinage d'un point arbitraire x de V_{n+1} un champ Γ de classe C_2 de repères orthonormés (x, e_i) $(i = 0, \ldots, n)$ tel que le champ e_0 soit orthogonal au champ E_n. Désignons par ω_i et ω_{ij} les formes de Pfaff définissant le déplacement infinitésimal du repère (x, e_i).

La forme extérieure $\Theta = \omega_1 \wedge \omega_2 \ldots \wedge \omega_n$ *est indépendante du choix particulier de* Γ *et peut donc être considérée comme une forme définie sur* U.

Calculons la différentielle extérieure $d\Theta$ de Θ :

$$d\Theta = \Omega = \sum_{i=1}^{n} (-1)^i d\omega_i \wedge \omega_1 \wedge \ldots \check{\omega}_i \ldots \wedge \omega_n$$

$$= \sum_{i=1}^{n} (-1)^i \omega_{i0} \wedge \omega_0 \wedge \omega_1 \ldots \check{\omega}_i \ldots \wedge \omega_n \quad (^2),$$

car

$$d\omega_i = \sum_{j=0}^{n} \omega_{ij} \wedge \omega_j.$$

En posant suivant la méthode classique

$$\omega_{i0} = \sum_{k=0}^{n} \alpha_{ik} \omega_k,$$

(¹) Cette hypothèse d'orientabilité n'est pas indispensable.

(²) Le signe ˇ indique que le symbole correspondant doit être omis dans la formule.

on obtient

$$d\Theta = \Omega = -\left(\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ii}\right) \omega_0 \wedge \omega_1 \ldots \wedge \omega_n = -\Sigma \alpha_{ii} \tau,$$

où τ est l'élément de volume sur V_{n+1}.

Le scalaire $\mathcal{R} = -\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ii}$ *est un invariant lié au champ* E_n; *si* E *est complètement intégrable,* $\mathcal{R}$ *représente la courbure moyenne de la variété intégrale de* E_n *au point envisagé.*

Dans la suite on fait l'hypothèse supplémentaire suivante :

U *admet un bord qui est une variété orientée compacte* V_n *à n dimensions, munie de l'orientation induite par celle de* U.

La formule de Stokes montre que

$$(1) \qquad \int_{U} \mathcal{R}\tau = \int_{V_n} \Theta.$$

De la formule (1) il résulte en particulier :

Théorème. — *Si* E_n *est défini dans tout* V_{n+1}, *à l'exception d'un sous-ensemble fini* F *de* V_{n+1}, *on a* :

$$\int_{V_{n+1}} \mathcal{R}\tau = 0.$$

Par suite $\mathcal{R}$ *s'annule nécessairement sur un sous-ensemble (dont le complémentaire est vide ou non connexe) de* V_{n+1}.

Il suffit en effet de poser $U = V_{n+1}$ et $V_n = \varnothing$ si F est vide, et de prendre pour U le complémentaire de petites boules centrées aux points de F si F est non vide.

Corollaire. — *Si aux hypothèses du précédent théorème on ajoute que* E_n *est complètement intégrable, il existera* ∞^n *points où la courbure moyenne des variétés intégrales (feuilles) de* E_n *est nulle.*

La formule (1) est évidemment susceptible d'autres applications. Par ailleurs il est possible d'étendre la formule (1) aux espaces de Finsler. Ceci sera développé dans un autre article.

Remarquons que si $n = 1$, le scalaire $\mathcal{R}$ se réduit à la courbure géodésique; on a donc démontré l'existence de points d'inflexion géodésique.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les transformées de Fourier et de Mellin des inverses de fonctions de Bessel.* Note de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

Soit $s = \sigma + it$, σ et t étant deux nombres réels; $\varkappa_n$ le $n^{\text{ième}}$ zéro positif de la fonction $J_0(x)$ et $\varkappa'_n = 1/J_1(\varkappa_n)$.

On a alors

$$\varkappa_n = \pi n - \frac{\pi}{4} + O\left(\frac{1}{n}\right)$$

et par suite

$$J_1(\varkappa_n) \sim -\left(\frac{1}{2}\pi\varkappa_n\right)^{-\frac{1}{2}} \cos\pi n + O\left(\frac{1}{n}\right).$$

Il est aussi bien connu que l'on a

$$J_0(x) = \prod_1^\infty \left(1 - \frac{x^2}{\varkappa_n^2}\right)$$

et Forsyth ([1]) en a déduit

$$\frac{1}{J_0(x)} = 1 - 2\sum_1^\infty \left(\frac{\varkappa_n}{x^2 - \varkappa_n^2} + \frac{1}{\varkappa_n}\right)\varkappa'_n.$$

En remarquant que $\sum_1^\infty \varkappa'_n/\varkappa_n = \frac{1}{2}$, nous en déduirons si $I_0(x) = J_0(ix)$:

$$\frac{1}{2\,I_0(x)} = \sum_1^\infty \frac{\varkappa_n \varkappa'_n}{x^2 + \varkappa_n^2},$$

les signes des termes de cette série alternant régulièrement, elle est simplement convergente à la manière de $\sum_1^\infty (-)^n n^{-\frac{1}{2}}$. Posons

$$\sum_1^\infty \varkappa'_n \exp(-\varkappa_n x) = \Phi(x),$$

nous avons

$$\int_0^\infty \frac{\cos sx}{2\,I_0(x)}\,dx = \frac{\pi}{2}\Phi(s).$$

Or $1/I_0(x) \sim O(e^{-x}\sqrt{x})$; la fonction $\Phi(s)$ est donc paire et holomorphe dans la bande $|t| < 1$.

Soit maintenant $Z(s) = \sum_1^\infty \varkappa'_n \varkappa_n^{-s}$ nous avons

$$\int_0^\infty \Phi(x)\,x^{s-1}\,dx = \Gamma(s)\,Z(s)$$

et les règles fondamentales de la transformation de Mellin ([2]) appliquées à l'intégrale

$$\int_0^\infty \Phi(x)\cos sx\,dx = \frac{1}{2\,I_0(s)}$$

([1]) A. R. Forsyth, *Messenger of Math.*, 50, 1921, p. 129-149.

([2]) E. C. Titchmarsch, *Introduction to the theory of Fourier Integrals,* Oxford (C. P.), 1948.

nous donnent

$$\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{2\,\mathrm{I}_0(x)}\,dx = \Gamma(x)\Gamma(1-s)\cos\frac{\pi s}{2}\,\mathrm{Z}(1-s) = \frac{\pi}{2\sin\frac{\pi s}{2}}\,\mathrm{Z}(1-s).$$

Nous remarquerons que cette dernière intégrale converge pour tout $\sigma > 0$ et nous en conclurons que la fonction $\mathrm{Z}(s)$ est holomorphe dans le semi-plan $\sigma < 0$ et qu'elle y est nulle pour $s = -1, -3, \ldots, -(2n+1)$; ces zéros sont d'ailleurs simples car l'intégrale $\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{2\,\mathrm{I}_0(x)}\,dx$ reste uniformément positive si s est réel.

On remarquera que cette répartition des zéros crée une certaine similitude entre les fonctions $\mathrm{Z}(s)$ et $\mathrm{L}(s) = 1^{-s} - 3^{-s} + 5^{-s} \ldots$, et il serait intéressant de comparer la répartition des zéros complexes de ces deux fonctions.

Il est possible grâce à ces formules de développer en série un grand nombre d'intégrales, ainsi

$$\int_0^\infty \frac{\mathrm{Y}_0(xy)}{2\,\mathrm{I}_0(y)}\,dy = -\int_1^\infty \frac{\Phi(xy)}{\sqrt{y^2-1}}\,dy = -\sum_1^\infty x'_n \mathrm{K}_0(x_n x).$$

SÉRIES DIVERGENTES. — *Sur l'interdépendance des termes de rang pair et des termes de rang impair d'une même suite. Application à la sommation des séries divergentes.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. Une suite

(1) $$y_0,\ y_1,\ y_2,\ y_3,\ \ldots,\ y_n,\ \ldots$$

étant donnée — ce sera, par exemple, la suite des ordonnées attachées (¹) à une série divergente — on se propose de calculer par extrapolation idéale (²) un terme y_{-1}. Les suites partielles $\mathrm{Y}_i = y_{2i}$, d'une part, $\eta_i = y_{2i+1}$, d'autre part, étant censées beaucoup plus régulières que la suite (1), dans quelle mesure peut-on atteindre y_{-1} en le considérant simplement comme le terme de rang -1 de la suite η_i?

2. Supposons les η_i nuls, et soient d'abord les Y_i tous positifs. Considérons la suite

(2) $$\mathrm{Y}_0,\ \mathrm{Y}\left(\frac{1}{2}\right),\ \mathrm{Y}_1,\ \mathrm{Y}\left(\frac{3}{2}\right),\ \mathrm{Y}_2,\ \mathrm{Y}\left(\frac{5}{2}\right),\ \ldots,$$

où les $\mathrm{Y}(1/2)$, $\mathrm{Y}(3/2)$, ... sont les valeurs, pour $1/2$, $3/2$, ..., de l'interpolée idéale, réelle, entre les Y_i. Les termes de la suite (1) sont alors les produits

---

(¹) *Publ. scient. et tech. Min. Air*, série grise n° 207, § 2, 11.
(²) *Ibid.*, § 2, 20.

respectifs des termes de la suite (2) par ceux de la suite

(3) $1, \quad 0, \quad 1, \quad 0, \quad 1, \quad 0, \quad 1, \quad \ldots.$

L'interpolée idéale entre les termes de la suite (1) sera, d'après la condition d'idéalité, le produit de l'interpolée idéale $Y(z:2)$ relative à la suite (2) par l'interpolée idéale $[1^z+(-1)^z]:2$ relative à la suite (3). Pour $z=-1$, l'interpolée idéale, dans la suite (2), est $Y(-0,5)$, et dans la suite (3) c'est zéro. Donc, si $Y(-0,5)$ est fini, y_{-1}, qui est, dans la suite (1), l'interpolée idéale de rang -1, est nulle. On montre, par un calcul plus complet, que si $Y(-0,5)$ est infini, y_{-1} est la limite, pour $h=0$, du produit $\pi^2 h^2 Y(-0,5+h)$.

Si les Y_j sont alternés, égaux à $(-1)^j U_j$, la suite (3) doit être remplacée par

(3 *bis*) $1, \quad 0, \quad -1, \quad 0, \quad 1, \quad 0, \quad -1, \quad \ldots$

entre les termes de laquelle l'interpolée idéale est la branche $\cos(\pi z/2)$ de la fonction multiforme ([3]) $[i^z+i^{-z}]:2$, et l'on considère la suite

(2 *bis*) $U_0, \quad U\left(\frac{1}{2}\right), \quad U_1, \quad U\left(\frac{3}{2}\right), \quad U_2, \quad \ldots.$

L'ordonnée y_{-1} cherchée est, cette fois, le produit de $U(-1/2)$ par $\cos(-\pi/2)$, ce qui donne encore zéro si $U(-0,5)$ est fini. Dans le cas contraire, y_{-1} est la limite, pour $h=0$, du produit $\pi h U(-0,5+h)$.

3. Si, maintenant, les η_i ne sont plus nuls, considérons, outre la suite (1), la suite

(2 *ter*) $\eta\left(-\frac{1}{2}\right), \quad \eta(0), \quad \eta\left(\frac{1}{2}\right), \quad \eta_1, \quad \eta\left(\frac{3}{2}\right), \quad \ldots,$

où les $\eta(-0,5)$, $\eta(0,5)$, $\eta(1,5)\ldots$ sont des interpolées idéales, et la suite φ_j:

(φ_j) $-y_0, \quad 0, \quad -y_2, \quad 0, \quad -y_4, \quad 0, \quad \ldots.$

En formant terme à terme la somme de la suite y_i et de la suite φ_j, on obtient la suite, dite suite g_k

(g_k) $0, \quad y_1, \quad 0, \quad y_3, \quad 0, \quad y_5, \quad \ldots$

et l'interpolée idéale entre les g est la somme des interpolées entre les φ et entre les y. Or, les termes de la suite g sont respectivement les produits des termes de la suite (2 *ter*) par les termes de la suite

(3 *ter*) $0, \quad 1, \quad 0, \quad 1, \quad 0, \quad 1,$

entre lesquels l'interpolée idéale est $[1^z-(-1)^z]:2$ dont la valeur est 1 pour $z=-1$.

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2000.

Il en résulte, comme plus haut, que l'interpolée idéale $g(-1)$ est le produit de $\eta(-1)$ par 1, c'est-à-dire $\eta(-1)$ lui-même. Or, comme on vient de le dire, c'est la somme de $y(-1)$ et de $\varphi(-1)$, cette dernière quantité, d'après le résultat du paragraphe 2. étant nulle, sauf peut-être dans le cas d'exception où $Y(-0,5)$ serait infini. Donc y_{-1} est égal en général à η_{-1}.

4. On trouve donc ce résultat général que, sauf peut-être si *l'ordonnée paire de rang* $-0,5$ est infinie, l'ordonnée de rang -1, dans une suite, est la même que l'ordonnée de rang -1 dans la suite des ordonnées impaires; l'ordonnée paire *de rang* $-0,5$ ne constitue jamais une dernière solution.

Ce théorème est fondamental dans la sommation des séries divergentes à termes positifs, la suite des ordonnées attachées y_j se dédoublent alors en une suite Y_k et en une suite η_l beaucoup plus régulières en elles-mêmes que leur ensemble, de sorte que l'ordonnée y de rang -1, dont on a besoin, sera plus aisément calculée comme égale à l'ordonnée impaire η de rang -1 aussi.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les cercles dont les dix coordonnées pentasphériques satisfont à une même équation de Laplace.* Note de M. **Fernand Backes**, présentée par M. Paul Montel.

La présente Note constitue une application nouvelle de la méthode du pentasphère oblique mobile que nous avons indiquée précédemment [1]. Nous considérons ici des congruences de cercles telles que les dix coordonnées du cercle générateur qui possède des sphères focales, sont solutions d'une même équation de Laplace du type hyperbolique. L'axe d'un tel cercle engendre une congruence W. Nous indiquons aussi une proposition réciproque ainsi qu'un cas spécial relatif à un cycle de Laplace de période 4.

1. Soient S_1, S_3 deux sphères dépendant chacune de deux paramètres u, v et supposons que les cercles caractéristiques de S_1, u variant seul, et de S_3, v variant seul, soient situés sur une même sphère S_2. Supposons de plus que les cercles caractéristiques de S_1, v variant seul, et de S_3, u variant seul, soient situés sur une même sphère S_4.

Désignons par C_{ik} l'intersection des sphères S_i, S_k et supposons encore que les cercles C_{21}, et C_{23} se coupent aux points où S_2 touche son enveloppe et que les cercles C_{41}, C_{43} se coupent aux points caractéristiques de S_4.

Si O_i désigne le centre de la sphère S_i, les tangentes à $(O_1)_u$ et à $(O_3)_v$ passent par O_2 et le plan qu'elles forment oscule les courbe indiquées. De même, les tangentes à $(O_1)_v$ et à $(O_3)_u$ passent par O_4 et le plan qu'elles forment oscule ces dernières courbes. Dès lors, en vertu d'un théorème que nous avons démontré [2], l'axe O_1O_3 du cercle C_{43} engendre une con-

---

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1252.

[2] *Bull. de la Cl. des Sci. de l'Acad. Roy. de Belgique*, 1936, p. 185.

gruence W_{uv}, les indices rappelant que u, v sont les paramètres des lignes asymptotiques des nappes focales.

Nous adjoignons aux sphères $S_1, \ldots, S_4$ une cinquième S_5 que nous supposerons fixe; le pentasphère oblique, partiellement mobile, ainsi constitué possède de nombreuses rotations nulles, ce qui permet de calculer, suivant notre méthode, les δ des coordonnées du cercle C_{13}. On trouve sans peine que les dites coordonnées satisfont à une équation de la forme

$$\frac{\partial^2 q}{\partial u\, \partial v} + A\frac{\partial q}{\partial u} + B\frac{\partial q}{\partial v} + Cq = 0. \tag{1}$$

On démontre en outre que C_{13} possède deux sphères focales, lesquelles divisent harmoniquement les sphères S_1 et S_3.

Nous proposons d'appeler *cercle* W_{uv}, un cercle dont les dix coordonnées satisfont à une équation du type (1) et tel que l'équation différentielle quadratique des périsphères de la congruence ne renferme pas de terme en $du\, dv$.

De telles congruences de cercles existent, car on peut montrer que les relations

$$\frac{\partial a_{ik}}{\partial v} - \frac{\partial b_{ik}}{\partial u} = \sum_j (a_{ij}\, b_{jk} - b_{ij}\, a_{jk}),$$

où l'on tiendra compte des rotations nulles, conduisent à un système d'équations aux dérivées partielles auquel s'applique le théorème 1 que Darboux a établi dans ses *Leçons sur les systèmes orthogonaux*, p. 326.

2. Si, en plus des hypothèses faites au n° 1, C_{21} et C_{23} sont les cercles caractéristiques de S_2 lorsque respectivement v ou u varie seul, et que C_{41}, C_{43} sont les cercles caractéristiques de S_4 lorsque u ou v varie seul, les réseaux $(O_1)_{uv}, \ldots, (O_4)_{uv}$ sont conjugués et forment un cycle de Laplace de période 4. Nous avons montré que les droites O_1O_3, O_2O_4 engendrent des congruences W_{uv} et que les équations de Laplace correspondantes sont adjointes (3).

Dans le cas présent, le pentasphère oblique possède de nouvelles rotations nulles et l'on montre que C_{24} constitue un second cercle W_{uv}. Les équations de Laplace relatives aux cercles C_{13} et C_{24} sont encore adjointes. Les quatre sphères $S_1, \ldots, S_4$ enveloppent des surfaces sur lesquelles u, v sont les paramètres des lignes principales et l'existence de la figure est assurée de la même manière que celle indiquée plus haut.

3. Le théorème énoncé au numéro 1 admet la réciproque suivante : Soit Γ le cercle W_{uv} le plus général; on pourra mener par Γ une infinité simple de couples de sphères Σ, Σ' possédant les propriétés indiquées au début du

---

(3) *Bull. de la Cl. des Sci. de l'Acad. Roy. de Belgique*, 1935, p. 883.

numéro 1 pour les sphères S_1, S_2. De ce fait, l'axe de Γ engendrera une congruence W_{uv}. Cette proposition se démontre toujours par la méthode du pentasphère oblique mobile.

CINÉMATIQUE. — *Liaison cinématique réversible, à mouvements louvoyants, entre une rotation continue et n translations rectilignes, alternatives, déphasées, et à loi sinusoïdale.* Note (*) de M. **Francis Myard**, transmise par M. Joseph Pérès.

La liaison cinématique présentée ici est applicable à toutes les machines à volumes engendrés et à pistons. Elle a conduit en particulier à la conception de moteurs d'aviation à très faible maître-couple, à équilibrage des poussées axiales, à grande puissance massique, sans bielles ni vilebrequins.

Cette liaison cinématique résulte, essentiellement, d'une proposition géométrique dite *des cercles tournants*, décelée par l'auteur de la présente Note, et dont voici l'énoncé :

« Étant donnés, dans le plan de figure, un plan ou cercle tournant C de centre O, et n autres plans ou cercles tournants C_1, C_2, ..., C_n de centres respectifs O_1, O_2, ..., O_n répartis arbitrairement autour de O, mais à la même et commune distance ρ de ce centre O, et qui simultanément, et pareillement à C, sont tous animés, chacun autour de son centre propre, d'une même vitesse angulaire $+\omega$, il est toujours possible de choisir (et ce choix pouvant être répété sans limitation) dans le plan de chacun des n cercles tournants un point tel que, lors d'un semblable mouvement, les n points M_1, M_2, ..., M_n ainsi respectivement choisis laissent, chacun, sur le plan du cercle tournant C, une seule et même trace commune; cette trace, qui est une circonférence S de centre Ω et rayon ρ entraînée dans le mouvement rotatif du plan de C dont elle est solidaire se trouvant balayée par chacun des n points simultanément, et à la vitesse angulaire relative $-\omega$. »

On voit aussitôt que si l'on matérialise les $n+1$ cercles précédents par des plateaux rotatifs à faces planes (parallèles au plan de figure), et les n points M_1, M_2, ..., M_n par des doigts cylindriques de révolution de diamètre d et normaux au plan de figure, la circonférence S deviendra une creusure annulaire de révolution (de largeur d) portée et entraînée par le plateau central C — l'ensemble constituant, ainsi, une liaison rotative homocinétique entre ces $n+1$ corps tournants à axes parallèles. Et le passage des points morts sera obtenu soit en multipliant le nombre des séries de n points ainsi convenablement choisis (à chaque nouvelle série correspondant une nouvelle circonférence ou creusure annulaire S); soit, mieux en n'utilisant qu'une seule série de n points

(*) Séance du 26 juin 1950.

(ou doigts) et sa circonférence (ou creusure) correspondante, mais, alors, chaque doigt cylindrique de révolution (qui ne tangente plus, directement les faces de la creusure annulaire S) coulissant dans cette creusure par l'intermédiaire d'un arc annulaire de révolution articulé sur lui ; c'est-à-dire un arceau guidé par la creusure et lié à son cercle ou plateau correspondant C_1, C_2 ou C_n par un couple rotoïde d'axe respectif correspondant projeté en M_1, M_2, ... ou M_n.

Le choix des n points $M_1 M_2 — M_n$ d'une même série est simple. Il suffit de les prendre, à l'origine, de façon que les vecteurs $\overline{O_1 M_1}$, $\overline{O_2 M_2}$, ..., $\overline{O_n M_n}$ soient de valeur arbitraire, mais tous égaux et parallèles entre eux. Dès lors, ils le demeureront constamment dans le mouvement; les quadrilatères articulés et déformables $OO_1 M_1 \Omega$, $OO_2 M_2 \Omega$, ..., $OO_n M_n \Omega$ demeurant, constamment, des parallélogrammes.

Or tout ce qui précède bénéficie des propriétés projectives. Si donc on imagine que les $n+1$ cercles constituent les bases orthogonales (mais purement géométriques) de $n+1$ cylindres correspondants qui auraient, chacun, pour base effective une base oblique d'inclinaison commune α sur le plan de figure; et qu'à l'instant t, on ait placé ces $n+1$ bases obliques et parallèles de manière que celles des n cylindres périphériques C_1, C_2, ..., C_n soient au contact de la base oblique du cylindre central C, dès lors, on conçoit que toutes ces bases obliques demeureront parallèles entre elles (dans l'espace) si ces $n+1$ cylindres tournants se trouvent animés de la même vitesse angulaire $+\omega$. Et, par conséquent, qu'il est possible de maintenir le contact, en surface, entre les n bases planes obliques périphériques et la base plane oblique centrale. Et dans ces conditions, il en résulte pour les n cylindres périphériques, et par rapport au cylindre C, des translations rectilignes alternatives, à loi mathématiquement sinusoïdale, d'élongation commune $2\rho\,\mathrm{tg}\,\alpha$, et déphasées d'un cylindre à l'autre suivant la position périphérique relative de ces derniers; c'est-à-dire, leur position angulaire d'installation.

La liaison homocinétique de rotation entre les $n+1$ cylindres tournants, sera, de préférence, et tout naturellement, celle indiquée ci-dessus (propriétés projectives); la creusure annulaire de révolution S laissant une trace elliptique sur la base oblique du cylindre C.

On comprend l'intérêt majeur d'une telle conception cinématique qui contient l'ossature géométrique de toutes les machines possibles à volumes engendrés, et à pistons : moteurs, compresseurs, pompes, machines réceptrices, etc., et, en particulier, qui conduit tout naturellement à des moteurs d'aviation à très faible maître-couple (systèmes à barillets), à équilibrage des poussées axiales (par doublement du dispositif présentant, alors, un plan de symétrie normal à l'axe longitudinal), et à grande puissance massique (moteurs 2 *temps* sans soupapes, mais distribution rationnelle grâce aux pistons tournants, et suralimentation sans compresseur additif).

Il faut, en effet, remarquer que cette liaison cinématique (sans bielles, ni vilebrequins) donne le très gros avantage de créer des mouvements louvoyants :

1° Entre chaque piston et son alésage ;

2° Entre chaque base oblique de piston et la base oblique du plateau central (zone de transmission des puissances) ;

3° Entre chaque arceau articulé et les faces de la creusure-guide annulaire (absorption des poussées radiales).

Or, on sait que le louvoiement permet une forte réduction du frottement ; donc, des effets passifs (d'où, ici, la réversibilité subsistant même si α est relativement faible) et des usures ; et, tolère des jeux de fonctionnement très restreints (lesquels se maintiennent ainsi puisque les usures tendent vers zéro).

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le paramètre de similitude régissant les petites oscillations libres d'un liquide pesant et visqueux dans un tube en* U. Note de M. **Frédéric Zerner**, présentée par M. Joseph Pérès.

On établit l'équation caractéristique des oscillations en admettant que le travail de frottement se manifeste uniquement dans l'oscillation fondamentale et que le ménisque garde une forme invariable. Il entre dans cette équation un seul paramètre qui, la section droite étant quelconque, est une généralisation immédiate du paramètres de J. Valensi pour les tubes circulaires.

La difficulté principale rencontrée dans l'étude théorique des oscillations d'un fluide incompressible, pesant et visqueux dans un tube en U de section S et périmètre C, constants provient des conditions à la surface libre. Nous l'éliminerons par le raisonnement semi-empirique suivant. L'expérience montre qu'on peut supposer invariable la forme du ménisque et négliger l'influence de la courbure de la partie torique ; dans l'oscillation fondamentale, la vitesse sera alors partout parallèle à l'axe du tube et indépendante de la distance à la surface libre, tandis que les oscillations harmoniques qu'il faut ajouter pour niveler le ménisque sont fortement amorties, de sorte qu'elles ne pénètrent que peu dans la colonne fluide (¹). Par conséquent, si les amplitudes sont assez petites par rapport à la longueur de la colonne fluide, l'oscillation fondamentale déterminera à elle seule la valeur du frottement.

Le calcul pourra donc être effectué en deux temps :

D'abord nous déterminerons les oscillations purement axiales (axe des z) dans un tube droit à l'aide des équations de Navier-Stokes, soit

$$(1)\qquad 0=-\frac{\partial p}{\partial x},\qquad 0=-\frac{\partial p}{\partial y};\qquad \frac{\partial w(x, y; t)}{\partial t}=-\frac{\partial p}{\partial z}+\nu\,\Delta w(x, y; t).$$

(¹) Lamb, *Hydrodynamics*, 6ᵉ éd. New-York, 1945, p. 626 ; Th. Sexl, *Ann. Phys.*, 4ᵉ série, 37, 1928, p. 578.

Les solutions représentant les oscillations amorties s'écrivent alors

$$(2)\qquad -\frac{\partial p}{\partial z}=i\omega \mathrm{P}e^{i\omega t};\qquad w(x, y; t)=\mathrm{P}e^{i\omega t}f\left(\sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}x, \sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}y\right),$$

où P est une constante et $f(u, v)$ la solution de l'équation

$$(3)\qquad f(u, v)+\frac{\partial^2}{\partial u^2}f(u, v)+\frac{\partial^2}{\partial v^2}f(u, v)=1,$$

qui s'annule pour $u=\sqrt{(-i\omega/\nu)}x$ et $v=\sqrt{(-i\omega/\nu)}y$, si x et y sont les coordonnées d'un point de C_1. En particulier on obtient

$$(2\,bis)\qquad w=\mathrm{P}e^{i\omega t}\left[1-\frac{\mathcal{J}_0\left(\sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}r\right)}{\mathcal{J}_0\left(\sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}\mathrm{R}\right)}\right],$$

$$(2\,ter)\quad w=i\frac{\omega}{\nu}\frac{16}{\pi^2}\mathrm{P}e^{i\omega t}\sum_0^\infty m\sum_0^\infty n\frac{\sin\frac{2m+1}{a}\pi x\sin\frac{2n+1}{b}\pi y}{(2m+1)(2n+1)\left[\left(\frac{2m+1}{a}\pi\right)^2+\left(\frac{2n+1}{b}\pi\right)^2+i\frac{\omega}{\nu}\right]}$$

$$=i\frac{\omega}{\nu}\frac{4}{\pi}\mathrm{P}e^{i\omega t}\sum_0^\infty m\frac{\sin\frac{2n+1}{a}\pi x}{(2m+1)\left[\left(\frac{2m+1}{a}\pi\right)^2+i\frac{\omega}{\nu}\right]}\left\{1-\frac{\operatorname{ch}\sqrt{\left(\frac{2m+1}{a}\pi\right)^2+i\frac{\omega}{\nu}}\left(\frac{b}{2}-y\right)}{\operatorname{ch}\sqrt{\left(\frac{2m+1}{a}\pi\right)^2+i\frac{\omega}{\nu}}\,\frac{b}{2}}\right\}$$

si S est un cercle de rayon R resp. un rectangle de côtés a et b.

Pour calculer ω, nous identifions le mouvement de la colonne fluide avec celui d'une barre solide mais infiniment flexible de même section S, même longueur L et même densité ρ, soumise au même frottement et se déplaçant avec la vitesse moyenne de la colonne fluide. Nous écrivons donc

$$\mathrm{L}\rho\iint_{\mathrm{S}}\frac{\partial w}{\partial t}dx\,dy=-2\rho g\iint_{\mathrm{S}}dx\,dy\int w\,dt-\mu\mathrm{L}\oint_{C_1}\left(\frac{\partial w}{\partial y}dx-\frac{\partial w}{\partial x}dy\right)$$

et à l'aide du théorème de Stokes et de (1) et (2)

$$(4)\qquad \frac{\omega^2\mathrm{L}}{2g}=\frac{\omega^2}{\omega_{\mathrm{P}}^2}=\frac{1}{\mathrm{S}}\iint_{\mathrm{S}}f\left(\sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}x, \sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}y\right)dx\,dy.$$

Nous cherchons maintenant des coordonnées polaires généralisées R, Θ de sorte que C_1 soit donnée par $\mathrm{R}=1$. Soit a une longueur caractérisant C_1 et considérons C_1 dans le plan complexe $z=x+iy$. La courbe c_1 correspondant à C_1 dans le plan $\xi=(z/a)$ aura la longueur caractéristique 1. Soit $\mathrm{X}=\mathrm{Y}+i\mathrm{Y}=\mathcal{F}(\xi)$ la transformation qui représente c_1 sur le cercle unitaire $\mathrm{R}=\sqrt{\mathrm{X}^2+\mathrm{Y}^2}$, $\Theta=\arcsin(\mathrm{Y}/\mathrm{R})=\arccos(\mathrm{X}/\mathrm{R})$ seront les coordonnées

cherchées. Écrivons $\xi = \mathcal{F}^{-1}(Z) = \varphi(X, Y) + i\psi(X, Y)$ et $S = a^2\sigma$,

$$(4\ bis)\quad \frac{\omega^2}{\omega_P^2} = \frac{1}{\frac{-i\omega}{\nu} a^2\sigma} \int_0^1 \sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}\, aR \sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}\, a\, dR \int_0^{2\pi} d\Theta\, f\left(\sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}\, aR\cos\Theta, \sqrt{\frac{-i\omega}{\nu}}\, aR\sin\Theta\right) \times \frac{\partial(R\cos\Theta,\ R\sin\Theta),\ \psi(R\cos\Theta,\ R\sin\Theta)}{\partial R\cos\Theta,\ R\sin\Theta}$$

On voit immédiatement que le membre droit établit une relation entre ω/ω_P et $a^2\,\omega_P/\nu$, la forme de cette relation ne dépendant que de la forme de la section. Il en résulte que, pour des tubes de sections semblables, ω/ω_P n'est fonction que de $a^2\omega_P/\nu$, paramètre de similitude qui n'est qu'une généralisation immédiate de celui indiqué par J. Valensi pour un tube circulaire ([2]). En particulier, pour une section circulaire

$$(5)\quad \begin{cases} \dfrac{\omega^2}{\omega_P^2} = 1 - \dfrac{2\,\mathcal{J}_1\left(\sqrt{\dfrac{-i\omega}{\omega_P}}\sqrt{\dfrac{\omega_P}{\nu}}R\right)}{\sqrt{\dfrac{-i\omega}{\omega_P}}\sqrt{\dfrac{\omega_P}{\nu}}R\,\mathcal{J}_0\left(\sqrt{\dfrac{-i\omega}{\omega_P}}\sqrt{\dfrac{\omega_P}{\nu}}R\right)}, \\[2ex] \dfrac{\omega}{\omega_P} \simeq \pm\left(1 - \dfrac{1}{\sqrt{2}\sqrt{\dfrac{\omega_P}{\nu}}R}\right) + \dfrac{i}{\sqrt{2}}\dfrac{1}{\sqrt{\dfrac{\omega_P}{\nu}}R} \qquad \text{si}\ \dfrac{\omega_P}{\nu}R^2 \gg 1, \end{cases}$$

et pour une section rectangulaire

$$(6)\quad \frac{\omega}{\omega_P} = \frac{64}{\pi^2} i \frac{\omega_P}{\nu} a^2 \sum_0^\infty m \sum_0^\infty n \frac{1}{(2m+1)^2(2n+1)^2\left[(2m+1)^2\pi^2 + (2n+1)^2\dfrac{a^2}{b^2}\pi^2 + i\dfrac{\omega}{\omega_P}\dfrac{\omega_P}{\nu}a^2\right]}$$
$$\simeq \pm\left[1 - \frac{2\sqrt{2}}{5\sqrt{\dfrac{\omega_P}{\nu}}}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right)\right] + i\frac{2\sqrt{2}}{5\sqrt{\dfrac{\omega_P}{\nu}}}\left(\frac{1}{a} + \frac{1}{b}\right).$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Compléments à propos des mouvements plans à circulation constante.* Note (*) de M. **Gérard Couchet**, transmise par M. Joseph Pérès.

1. Dans des publications précédentes ([1]), nous avons caractérisé et étudié les mouvements non stationnaires d'un profil à pointe dans lesquels la circulation autour d'un profil reste constante (dans ce qui suit, nous désignerons ces mouvements par : mouvements c. c.). Ces mouvements, pour lesquels la condition de Joukowsky n'implique aucun échappement de tourbillons à la

---

([2]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 893.

(*) Séance du 26 juin 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 280-282; *Publication O. N. E. R. A.*, n° 31, p. 17 et 27.

pointe, paraissent présenter un certain intérêt pratique. De ce point de vue, il est assez intéressant de comparer les deux lois d'incidence de surfaces alaires rapprochées dans la figure : *a* représente des résultats expérimentaux de Marey concernant le vol d'une buse ([2]); *b* représente la loi d'incidence théorique d'un mouvement c. c. convenablement choisi (trois battements par seconde dans un vent de 36 km/heure).

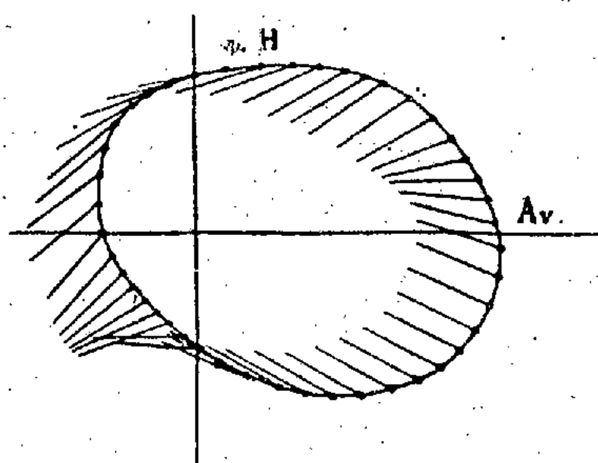


Fig. *a*.

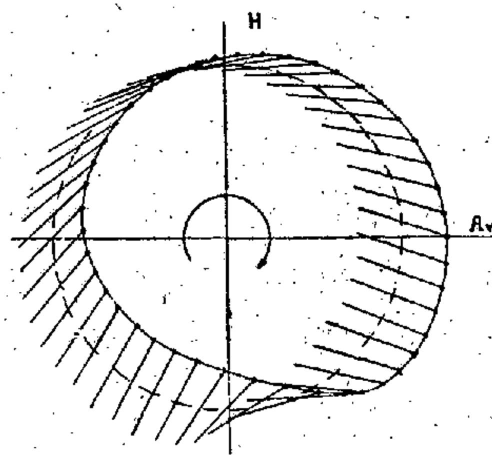


Fig. *b*.

L'analogie entre les deux lois, analogie purement qualitative, puisque *b* concerne un mouvement plan, pose la question de savoir si des conditions de c. c. n'interviendraient pas dans certains modes de vol animal.

2. Il est aisé de reconnaître que l'on peut encore définir des mouvements à c. c. lorsque le profil est en présence de tourbillons libres en nombre quelconque, ces derniers pouvant, par exemple, être corrélatifs de l'établissement de la circulation autour du profil au cours d'un mouvement antérieur, lequel n'était pas à c. c. Les formules données précédemment pour le calcul de la résultante des efforts sur le profil, doivent être complétées par des termes dépendant de la présence des tourbillons libres.

Conservons les notations de nos publications citées [axes xoy liés au profil dont l'état des vitesses à un instant est défini par l, m, ω; $z = \mathrm{H}(\mathrm{Z})$ définissant la représentation conforme du profil sur le cercle $|\mathrm{Z}| = a$].

Le potentiel complexe f du mouvement fluide est

$$f = l\left(z - \mathrm{Z} - \frac{a^2}{\mathrm{Z}}\right) - im\left(z - \mathrm{Z} + \frac{a^2}{\mathrm{Z}}\right) - i\omega\left(\frac{\mathrm{A}_{-1}}{\mathrm{Z}} + \ldots + \frac{\mathrm{A}_{-n}}{\mathrm{Z}^n} + \ldots\right)$$
$$- \frac{i\Gamma_0}{2\pi}\log \mathrm{Z} - \frac{i}{2\pi}\sum_{k=1}^{n}\Gamma_k \log\frac{\mathrm{Z} - \zeta_k}{\mathrm{Z} - \zeta'_k},$$

ζ_k et ζ'_k étant les affixes Z du tourbillon Γ_k et de son image

$$\zeta_k \overline{\zeta'_k} = a^2$$

([2]) MAREY, *Le vol des Oiseaux*, 1890, p. 119, Paris.

La condition que le tourbillon Γ_k, d'affixe α_k dans le plan du profil $[\alpha_k = H(\zeta_k)]$ soit libre, s'écrit

$$\frac{d\bar{\alpha}_k}{dt} = \lim_{z=\alpha_k}\left[f'_z + \frac{i\Gamma_k}{z-\alpha_k}\right] + (l - im) + i\omega\bar{\alpha}_k,$$

d'où, par un calcul immédiat,

$$(1)\qquad \frac{P'_Z(\zeta_k)}{H'_Z(\zeta_k)} + \frac{i\Gamma_k}{4\pi}\frac{H''_{Z^2}(\zeta_k)}{[H'_Z(\zeta_k)]^2} - (l - im) + i\omega\bar{\alpha}_k - \frac{d\alpha_k}{dt} = 0.$$

Des calculs de résidus des intégrales qui figurent dans l'expression de la résultante complexe ([3]) donnent, compte tenu des simplifications qu'introduit la relation (1), pour les termes complémentaires dus à la présence de tourbillons libres, l'expression suivante

$$i\rho\sum_{k=1}^{n}\Gamma_k\frac{d}{dt}(\zeta_k - \zeta'_k),$$

plus simple que celle donnée par W. G. Bickley ([4]) relative au cas particulier d'une translation uniforme du profil.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *L'analyse électrique des aérosols.* Note de MM. MARCEL PAUTHENIER et RENÉ CHALLANDE, présentée par M. Aimé Cotton.

Étant donné un fil fin tendu dans l'axe d'un cylindre rempli d'air, par exemple, on sait que si l'on maintient entre ces deux électrodes une différence de potentiel continue suffisante, le fil émet des ions par effet couronne; pour des valeurs élevées du courant ionique, le champ radial prend dans la plus grande partie de l'espace cylindrique une valeur sensiblement constante

$$E = \sqrt{\frac{2i}{k}}$$

(i, intensité du courant émis par 1cm de fil; k, mobilité des ions).

Les particules de rayon a transportées par un aérosol et qui traversent le champ électrique ionisé acquièrent rapidement ([1]) une charge limite

$$q = pEa^2$$

([3]) *Voir* J. PÉRÈS, *Mécanique des fluides*, p. 170.

([4]) *Cf.* VILLAT, *Mécanique des fluides*, 2e édit., p. 118.

([1]) M. PAUTHENIER et Mme MOREAU-HANOT, *Journal de Physique*, 3, 1932, p. 565.

(p, coefficient calculable qui dépend de la nature de la particule) et sont précipitées sur la paroi cylindrique.

Pour un aérosol de viscosité ζ, contenant n_1 particules par unité de volume, qui s'écoulerait sans turbulence à la vitesse v dans un champ cylindrique ionisé de rayon R, on peut calculer le nombre N_0 de particules de rayon a déposées, au bout de θ secondes, par centimètre carré de paroi cylindrique à la distance x de l'entrée de l'aérosol dans le champ

$$N_0 = n_1 \theta \left[1 - \frac{x}{R}\frac{pE^2 a}{6\pi\zeta v}\right]\frac{pE^2 a}{6\pi\zeta}.$$

La longueur du dépôt est finie, et la décroissance de sa densité est linéaire. Cette formule indique aussi, dans la même hypothèse, le moyen de recueillir des particules de rayon supérieur à une valeur donnée.

Mais l'écoulement de l'aérosol dans le tube n'est jamais laminaire, ne serait-ce qu'en raison du vent électrique qui accompagne l'effet couronne. D'autre part, lorsque le rayon des particules descend au-dessous du micron, l'agitation thermique permet à leur charge de dépasser la valeur limite q.

Il est intéressant d'étudier au point de vue statistique le trouble apporté à la précipitation théorique par la turbulence du fluide, particulièrement dans le domaine des fines particules. A cet effet nous avons mis au point un film transparent conducteur capable de fixer le précipité en vue d'une étude microscopique ultérieure : le tube mentionné plus haut présente entre deux génératrices voisines et sur toute sa longueur, un évidement qui reçoit le film.

Nous nous proposons ultérieurement de rechercher à l'aide des champs électriques ionisés, et d'électrodes réceptrices convenables, les particules ultramicroscopiques de l'air, et en particulier celles que peut mettre en évidence le microscope électronique.

L'appareil réalisé par l'un de nous permet, dès à présent, d'opérer une analyse statistique microscopique de certaines atmosphères industrielles susceptibles de contenir des poussières dangereuses : on sait en effet par des recherches récentes l'importance que prend, au point de vue biologique, le diamètre des particules des aérosols.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur les machines axiales périodiques.* Note (*) de MM. **Jean Fabri** et **Raymond Siestrunck**, présentée par M. Maurice Roy.

1. Deux surfaces de révolution coaxiales d'axe Oz limitent la veine offerte au fluide; les aubes des différentes roues de la machine sont en nombre très grand et réduites, suivant le schéma de Prandtl, à des segments portants radiaux auxquels sont attribuées les propriétés déflectrices des grilles de profils

(*) Séance du 3 juillet 1950.

des roues réelles; le champ des vitesses absolues du fluide (u, v, w, composantes semi-polaires d'axe Oz) comme celui des vitesses relatives aux roues mobiles de rotation ω (composantes u, $v - \omega r$, w) est de révolution et permanent; les surfaces de courant de ces deux champs sont confondues, et la fonction de courant $\psi(r, z)$ du mouvement méridien satisfait à l'équation

$$(1) \quad \left(1-\frac{w^2}{a^2}\right)\psi''_{z^2}-\frac{2uw}{a^2}\psi''_{rz}+\left(1-\frac{u^2}{a^2}\right)\psi''_{r^2}-\left(1+\frac{\gamma^2}{a^2r^2}\right)\frac{\psi'_r}{r}=\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^2(r^2E'-\gamma\gamma'),$$

où a est la célérité du son, $\gamma(\psi) = vr$ la fonction caractéristique du mouvement tangentiel, $E(\psi)$ l'enthalpie totale du fluide en mouvement absolu; la forme analytique de γ varie à la traversée de chaque roue, celle de E à la traversée des roues mobiles seulement, où les sauts des deux fonctions sont liés par $\delta E = \omega\,\delta\gamma$. Le passage à travers l'un quelconque des disques tourbillonnaires figurant les roues s'effectue avec continuité de ψ et de u, et discontinuité de γ, ψ'_z, ρ, w; en fluide incompressible, toutes ces discontinuités disparaissent, sauf pour γ. Si $\alpha^*(r)$ désigne la répartition des calages sur Oz des directions de portance nulle des différentes grilles d'une roue, on a d'autre part, entre les composantes des vitesses sur la face aval du disque correspondant, la relation générale exprimant le fonctionnement aérodynamique de la roue

$$\gamma = \omega r^2 + w g(r),$$

où $g = r \operatorname{tg} \alpha^*$ est la fonction de gauchissement de l'ailetage.

2. Nous nous limitons ici au cas particulier d'un fluide incompressible traversant une suite indéfinie d'étages géométriquement identiques, définis par les fonctions g_F et g_M de leurs roues fixes et mobiles et placés dans une veine cylindrique de rayons extrêmes r_0 et r_1; l'équation (1) prend la forme simple

$$(2) \quad D\psi = r^2E' - \gamma\gamma',$$

si l'on désigne par D l'opérateur différentiel régissant habituellement les fonctions de courant des mouvements à potentiel. En écrivant que le mouvement se reproduit identiquement d'étage en étage, on obtient immédiatement les propriétés usuelles du fonctionnement périodique : la circulation des roues est constante, soit $G/2\pi$ pour les mobiles, $-(G/2\pi)$ pour les fixes, et la distribution des gradients de l'énergie et des vitesses tangentielles est la même partout. En admettant alors que les surfaces de courant sont en première approximation des cylindres d'axe Oz, ce qui linéarise l'équation (2), on constate que les vitesses axiales se répartissent sur toutes les roues suivant la même loi $w_0 = (G + \omega r^2)/(g_M + g_F)$, où G est commandé en général par le débit assuré par w_0 dans la veine; ce régime est indépendant de l'écartement des roues, qui intervient seulement sur l'amplitude que peuvent prendre dans chaque cellule fluide les fluctations (impaires par rapport aux roues)

des vitesses autour de cette valeur commune; le calcul de ces festons s'effectue aisément (1).

3. L'établissement du régime peut être accéléré ou ralenti par les gauchissements des étages de tête, mais le régime périodique étudié précédemment, s'il s'établit, est unique. Prenons comme paramètres d'établissement de ce régime les différences (λ_k pour la roue mobile, μ_k pour la roue fixe de l'étage) entre la vitesse sur la roue considérée et celle w_0 du fonctionnement périodique dans la même section; moyennant l'emploi de la théorie linéarisée déjà indiquée, et en considérant comme petits les paramètres λ_k et μ_k, leurs dérivées ainsi que la variation de r dans la veine de part et d'autre d'une valeur moyenne convenablement définie, on peut transformer simplement le système différentiel auquel satisfont λ_k et μ_k en un système récurrent couplé

$$w_0(2r^2+g_M^2)\lambda_k = g_M\gamma_M\lambda_{k-1}+(2r^2w_0-\omega r^2 g_F)\mu_{k-1},$$
$$-(2r^2w_0+\omega r^2 g_M)\lambda_k + w_0(2r^2+g_F^2)\mu_k = g_F(g_F w_0-\omega r^2)\mu_{k-1}.$$

Le calcul de récurrence, effectué à partir d'un couple initial λ_1, μ_1 correspondant au premier étage, donne, en général, une exellente concordance avec le résultat de l'intégration complète du mouvement dans les étages successifs, et peut être substitué avantageusement à cette opération. Enfin, ce système permet l'étude générale de la convergence des valeurs de λ et μ, c'est-à-dire de la stabilité du régime périodique; on peut montrer en particulier qu'il n'y a possibilité d'établissement de ce mouvement que si la rotation qui amène la vitesse relative à la sortie des roues mobiles sur la vitesse absolue à la sortie des roues fixes s'effectue dans le sens de la vitesse d'entraînement ($g_M - g_F < 0$ avec nos notations); ce qui interdit tout chevauchement des triangles fixes et mobiles et permet de construire aisément des exemples d'ailetages dans lesquels tout régime périodique est impossible.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Emploi d'une impulsion pour l'essai d'un système de transmission linéaire.* Note (*) de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une Note antérieure (1) nous avons indiqué comment une impulsion de durée courte, mais finie, permet d'évaluer une limite supérieure de l'erreur introduite dans la transmission de signaux par un système linéaire. A la réflexion, il nous est apparu que la rédaction trop concise de la fin de cette Note risquait de ne pas la rendre suffisamment intelligible. Aussi, l'objet de la

(1) F. E. Marble, *Institute of the Aeron. Sciences*, 182, New-York, 1949.

(*) Séance du 3 juillet 1950.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1693-1695.

présente Note est d'exposer de façon plus détaillée ces résultats, que nous possédons depuis plus d'un an, mais qui n'ont pas fait l'objet d'une autre publication.

Soit $\mathrm{I}(t)$ la réponse du système de transmission au signal impulsion unité représenté par la fonction de Dirac $\delta(t)$. Au signal $y(t)$, le système donne la réponse $z(t)$, et nous définirons la distorsion introduite par la transmission par

$$u(t) = \frac{z(t)}{m} - y(t - \theta), \tag{1}$$

les constantes m, affaiblissement, et θ, retard, étant ajustées au mieux une fois pour toutes.

De l'identité, valable pour un système de transmission linéaire, et indépendant du temps (²)

$$z(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t')\,\mathrm{I}(t - t')\,dt' = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t - t')\,\mathrm{I}(t')\,dt', \tag{2}$$

on déduit

$$u(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} m^{-1} y(t - t')[\mathrm{I}(t') - m\,\delta(t' - \theta)]\,dt'. \tag{3}$$

En supposant $|y(t)| < y_0$, nous trouvons une limite supérieure de $|u(t)|$:

$$|u(t)| < u_0 = m^{-1} y_0 \int_{-\infty}^{+\infty} |\mathrm{I}(t') - m\,\delta(t' - \theta)|\,dt'. \tag{4}$$

Pratiquement, on peut appliquer au système de transmission des impulsions $\varphi(t)$ de durée courte, mais finie. Soit $\mathrm{R}(t)$ la réponse que le système donne à $\varphi(t)$. Sous la condition

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(t)\,dt = 1, \tag{5}$$

la fonction

$$\mathrm{Y}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(t - t_1)\,y(t_1)\,dt_1 \tag{6}$$

représente une moyenne pondérée de y, le poids attaché à l'instant t à la valeur de y à l'intant t_1 étant $\varphi(t - t_1)$; la signification de cette moyenne sera particulièrement claire si $\varphi(t)$ a un signe constant. De l'identité

$$\mathrm{Z}(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \mathrm{Y}(t')\,\mathrm{I}(t - t')\,dt' = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t')\,\mathrm{R}(t - t')\,dt' \tag{7}$$

(²) On considère fréquemment des signaux $y(t)$ nuls pour $t \leq 0$, et des systèmes de transmission physiquement tels que $\mathrm{I}(t) = 0$ pour $t \leq 0$. Il en résulte que l'on peut dans (1) réduire l'intervalle d'intégration à 0, t, ce qui donne la formule de composition du calcul symbolique.

et de (2), il résulte que l'on peut confondre $z(t)$ et $Z(t)$ dans la mesure où l'on peut confondre $y(t)$ et $Y(t)$. En télévision, il suffira que la durée d'une impulsion soit une fraction assez petite de la durée de transmission d'un point d'image (par exemple le quart). On peut alors prendre

$$(8) \qquad u_0 \simeq m^{-1} y_0 \int_{-\infty}^{+\infty} |R(t') - m\varphi(t'-\theta)|\, dt'.$$

Supposons $\varphi(t)$ nul en dehors de l'intervalle $0 < t < \varepsilon$ et positif dans cet intervalle. Il sera souvent commode de décomposer la dernière intégrale en

$$(9) \qquad \int_{-\infty}^{\theta} |R(t')|\, dt' + \int_{\theta}^{\theta+\varepsilon} |R(t') - m\varphi(t'-\theta)|\, dt' + \int_{\theta+\varepsilon}^{\infty} |R(t')|\, dt'.$$

Il est presque toujours possible de choisir θ et m de façon que la seconde intégrale soit très petite, et en l'absence de précurseurs $R(t')$ sera négligeable pour $t' < \theta$.

Sous les hypothèses ci-dessus on aura donc

$$(10) \qquad u_0 \simeq m^{-1} y_0 \int_{\theta+\varepsilon}^{\infty} |R(t')|\, dt',$$

et la qualité du système, définie par mu_0/y_0 s'exprimera au moyen d'une certaine aire arithmétique délimitée par la réponse $R(t)$ du système à une impulsion de sens invariable et de faible durée.

Errata. — Dans la publication citée en note, lire $\overline{u(t)\,y(t-\theta)}$ au lieu de $\overline{u(ty)(t-\theta)}$; en outre, ajouter à la fin de la troisième formule (13) :

$-2n\pi$, où n est un entier convenablement choisi.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur l'extension aux champs mésiques de la théorie de l'effet Compton.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul des sections efficaces de diffusion pour les processus généralisant l'effet Compton dans lesquels un méson neutre d'un type tensoriel donné est absorbé par un corpuscule de Dirac de spin $\hbar/2$ tandis qu'un second méson, non nécessairement de même type tensoriel que le premier, est émis.

La théorie de l'effet Compton dans lequel un photon incident est absorbé par un corpuscule diffusant tandis qu'un second photon est émis dans une direction en général distincte de celle du photon initial, se généralise facilement au cas où les particules incidentes et diffusées sont des corpuscules neutres de spin 0 ou $\hbar$, de masse propre non négligeable. Dans une Note précédente (1) nous avons calculé la section efficace de diffusion Compton généralisée dans le

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2262.

cas où les particules incidentes et diffusées sont des corpuscules de spin $\hbar$, de type vectoriel transversal. Nous nous proposons ici d'examiner le cas où ces particules, de spin 0 ou $\hbar$, appartiennent aux divers types tensoriels que l'on considère dans la théorie du méson.

Nous représentons les particules incidentes, de masse réduite $\mu_0 = m_0 c/\hbar$ par des ondes planes d'énergie et impulsion réduites k_0, $\mathbf{k}_0$ ($k_0^2 = \mathbf{k}_0^2 + \mu_0^2$). Ces particules sont absorbées par un corpuscule de Dirac (A), de spin $\hbar/2$, initialement dans un état d'onde plane à énergie positive et caractérisé par les paramètres K_0, $\mathbf{K}_0$, μ_A ($K_0^2 = \mathbf{K}_0^2 + \mu_A^2$). Une particule C_1, non nécessairement du même type que C_0, de paramètres k_1, $\mathbf{k}_1$, μ_1 ($k_1^2 = \mathbf{k}_1^2 + \mu_1^2$) est ensuite émise tandis que (A) est projeté dans l'état K_1, $\mathbf{K}_1$ ($K_1^2 = \mathbf{K}_1^2 + \mu_A^2$) représenté par une onde plane à énergie positive.

Suivant la notation introduite dans la Note citée, nous écrivons ($i = 0, 1$)

$$[K_i K_j] = [-K_i K_j + (\mathbf{K}_i \mathbf{K}_j)]; \quad [k_i k_j] = [-k_i k_j + (\mathbf{k}_i \mathbf{k}_j)]; \quad [K_i k_j] = [-K_i k_j + (\mathbf{K}_i \mathbf{k}_j)];$$

$$[K_0^2] = [K_1^2] = -\mu_A^2; \quad [k_0^2] = -\mu_0^2; \quad [k_1^2] = -\mu_1^2.$$

La conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement dans le processus global nous donne les relations

$$k_0 + K_0 = k_1 + K_1, \quad \mathbf{k}_0 + \mathbf{K}_0 = \mathbf{k}_1 + \mathbf{K}_1,$$

$$2[k_0 K_0] - \mu_0^2 = 2[k_1 K_1] - \mu_1^2; \quad 2[k_1 K_0] + \mu_1^2 = 2[k_0 K_1] + \mu_0^2.$$

La section efficace de diffusion de la particule C_1 dans l'angle solide $d\Omega_{\mathbf{k}_1}$ autour de la direction $\mathbf{k}_1$ tandis que (A) recule dans la direction $\mathbf{K}_1$ s'écrit

$$d\sigma = [2\pi^2 \hbar^2 c^2]^{-1} \left[[k_0 K_0] - \mu_0^2 \mu_A^2 \right]^{-\frac{1}{2}} \left(\mathbf{k}_1 (\mathbf{k}_1 K_1 - \mathbf{K}_1 k_1) \right)^{-1} | H'^{(1)} |^2 K_0 K_1 k_0 k_1 | \mathbf{k}_1 |^3 \, d\Omega_{\mathbf{k}_1}$$

avec

$$H'^{(1)} = \frac{1}{\hbar c} a_0^* \left\{ \frac{\mathcal{H}_{\mathbf{k}_0}^{(1)-} [K_0 - (\mathbf{K}_0 \boldsymbol{\alpha}) - \mu_A \alpha_4 + k_0 - (\mathbf{k}_0 \boldsymbol{\alpha})] \mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+}}{D_0} + \frac{\mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+} [K_0 - (\mathbf{K}_0 \boldsymbol{\alpha}) - \mu_A \alpha_4 - k_1 + (\mathbf{k}_1 \boldsymbol{\alpha})] \mathcal{H}_{\mathbf{k}_0}^{(1)-}}{D_1} \right\} a_1,$$

$$D_0 = \mu_0^2 - 2[k_0 K_0] = \mu_1^2 - 2[k_1 K_1]; \quad D_1 = \mu_1^2 + 2[k_1 K_0] = \mu_0^2 + 2[k_0 K_1],$$

$\mathcal{H}_{\mathbf{k}_0}^{(1)-}$, $\mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+}$ sont les opérateurs d'absorption et d'émission des particules C_0 et C_1. Dans les différents types possibles pour ces champs, calculant $|H'^{(1)}|^2$ par la méthode de Casimir, nous écrirons

$$|H'^{(1)}|^2 = \frac{g_0^2 g_1^2}{4 k_0 k_1 K_0 K_1} |S|^2,$$

g_0 et g_1 désignant les constantes de couplage des champs C_0 et C_1 avec le corpuscule (A).

Le calcul de $|S|^2$ dans les principaux cas nous donne les résultats suivants :

1° C_0 et C_1 sont tous deux des champs mésiques pseudoscalaires

$$\mathcal{H}_{\mathbf{k}_0}^{(1)-}=\left(\frac{\hbar c}{2k_0}\right)^{\frac{1}{2}} g_0\alpha_5; \qquad \mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+}=\left(\frac{\hbar c}{2k_1}\right)^{\frac{1}{2}} g_1\alpha_5;$$

$$|S|^2=\left(\frac{1}{D_0}-\frac{1}{D_1}\right)^2\left[\mu_0^2(\mu_A^2+[K_0K_1])+2[k_0K_0][k_0K_1]\right]=\frac{1}{2}\left(\frac{1}{D_0}-\frac{1}{D_1}\right)^2(\mu_0^2\mu_1^2-D_0D_1).$$

2° C_0 et C_1 sont tous deux des champs mésiques scalaires

$$\mathcal{H}_{\mathbf{k}_0}^{(1)-}=\left(\frac{\hbar c}{2k_0}\right)^{\frac{1}{2}} g_0\alpha_4; \qquad \mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+}=\left(\frac{\hbar c}{2k_1}\right)^{\frac{1}{2}} g_1\alpha_4;$$

$$2|S|^2=\left(\frac{1}{D_0}+\frac{1}{D_1}\right)^2(4\mu_A^2-\mu_0^2)(4\mu_A^2-\mu_1^2)-\left(4\mu_0^2\mu_1^2-16\mu_A^2(D_0+D_1)+(D_0-D_1)^2\right)\frac{1}{D_0D_1}.$$

3° C_0 est de type pseudoscalaire, C_1 vectoriel (méson vectoriel ou photon si $\mu_1\to 0$).

Si C_1 est représenté par une onde de type transversal caractérisée par le vecteur polarisation $\mathbf{n}'_1$,

$$(\mathbf{n}'_1\mathbf{k}_1)=[n'_1k_1]=0, \qquad (\mathbf{n}'_1)^2=[n'^2_1]=1,$$

nous avons

$$\mathcal{H}_{\mathbf{k}_0}^{(1)-}=\left(\frac{\hbar c}{2k_0}\right)^{\frac{1}{2}} g_0\alpha_5; \qquad \mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+}=\left(\frac{\hbar c}{2k_1}\right)^{\frac{1}{2}} g_1(\mathbf{n}'_1\boldsymbol{\alpha}).$$

Si C_1 est représenté par une onde longitudinale, nous introduirons le vecteur unité $\mathbf{n}_1$ colinéaire à $\mathbf{k}_1$ $\left(\mathbf{n}_1^2=1, (\mathbf{n}_1\mathbf{k}_1)=|\mathbf{k}_1|\right)$ et le quadrivecteur $n''_1(n''^{(0)}_1, \mathbf{n}''_1)$, tel que $n''^{(0)}_1=|\mathbf{k}_1|/\mu_1$, $\mathbf{n}''_1=k_1\mathbf{n}_1/\mu_1$, d'où $[n''^2_1]=1$, $[n''_1k_1]=0$. Nous écrivons alors

$$\mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+}=\left(\frac{\hbar c}{2k_1}\right)^{\frac{1}{2}} g_1\left[\frac{\left(|\mathbf{k}_1|\,1+k_1(\boldsymbol{\alpha}\mathbf{n}_1)\right)}{\mu_1}\right]=\left(\frac{\hbar c}{2k_1}\right)^{\frac{1}{2}} g_1[1\,n''^{(0)}_1+(\mathbf{n}''_1\boldsymbol{\alpha})],$$

n^i_1 désignant soit n'_1 soit n''_1, on obtient

$$\begin{aligned}2|S|^2&=\left(\frac{1}{D_0}+\frac{1}{D_1}\right)^2\left[\mu_0^2\mu_1^2-D_0D_1-4\mu_0^2[n^i_1K_0]^2\right]\\&\quad-8\mu_0^2[n^i_1k_0][n^i_1K_0]\frac{1}{D_0}\left[\frac{1}{D_0}+\frac{1}{D_1}\right]+4[n^i_1k_0]^2\frac{1}{D_0}\left[\frac{\mu_1^2}{D_1}-\frac{\mu_0^2}{D_0}\right]\\&=\left(\frac{1}{D_0}+\frac{1}{D_1}\right)^2(\mu_0^2\mu_1^2-D_0D_1)-4\mu_0^2\left[\frac{[n^i_1K_1]}{D_0}+\frac{[n^i_1K_0]}{D_1}\right]^2+4[n_1k_0]^2\frac{\mu_1^2}{D_0D_1}.\end{aligned}$$

4° C_0 scalaire, C_1 vectoriel

$$\mathcal{H}_{\mathbf{k}_0}^{(1)-}=\left(\frac{\hbar c}{2k_0}\right)^{\frac{1}{2}} g_0\alpha_4; \qquad \mathcal{H}_{\mathbf{k}_1}^{(1)+}=\left(\frac{\hbar c}{2k_1}\right)^{\frac{1}{2}} g_1\left[(\mathbf{n}'_1\boldsymbol{\alpha}) \quad \text{ou} \quad \left(1\,n''^{(0)}_1+(\mathbf{n}''^{(0)}_1\boldsymbol{\alpha})\right)\right],$$

$$\begin{aligned}2|S|^2&=-\left(\frac{1}{D_0}+\frac{1}{D_1}\right)^2(4\mu_A^2\mu_1^2+D_0D_1)+4(4\mu_A^2-\mu_0^2)\left[\frac{[n^i_1K_1]}{D_0}+\frac{[n^i_1K_0]}{D_0}\right]^2\\&\quad+\frac{4}{D_0D_1}\left[(4\mu_A^2+\mu_1^2)[n^i_1k_0]^2+8\mu_A^2[n^i_1K_0][n^i_1K_1]\right].\end{aligned}$$

5° C_0 vectoriel, C_1 vectoriel.

On obtient une formule générale valable pour les ondes aussi bien longitudinales que transversales en remplaçant dans la formule principale de notre Note citée les vecteurs **n** et **n'** par les quadrivecteurs $[n_0^i]$, et $[n_1^i]$ correspondant aux définitions ci-dessus.

MAGNÉTISME. — *Anomalie de longueur des ferrites.* Note de M. **Louis Weil**, transmise par M. Pierre Chevenard.

L'aimantation spontanée σ des ferromagnétiques produit une anomalie de longueur $(dl/l)_m$ qui s'annule au point de Curie. De nombreuses mesures ont été faites sur les métaux et alliages en particulier par Chevenard (1); on en trouvera une bibliographie complète dans un article de Néel (2). Pour déterminer $(dl/l)_m$ à une température T, on trace la courbe donnant dl/l en fonction de la température et l'on extrapole, au delà du coude qu'on observe au point de Curie, la branche obtenue aux températures élevées; la différence des ordonnées lues sur la courbe extrapolée et la courbe observée donne l'anomalie magnétique.

Le coefficient de dilatation étant de la forme $\alpha + \beta . T$, l'extrapolation n'est pas commode avec les coordonnées que nous avons envisagées. Or, le dilatomètre Chevenard fournit au contraire une représentation de $dl/l - (dl/l)_{\text{Pyros}}$ en fonction de l'allongement de l'alliage Pyros et, dans ce système, la branche relative aux températures élevées est sensiblement une droite; l'extrapolation devient facile.

Nous avons étudié des ferrites; peu conducteurs de la chaleur, ils prennent leur température d'équilibre bien plus lentement que les métaux. Nous avons donc renoncé à la méthode photographique rapide, qu'a appliquée par exemple Forestier, (3) et effectué des pointés manuels au cours d'un échauffement et d'un refroidissement très lents (cycle complet en 12 heures). Les échantillons, d'une section de $2 \times 2^{\text{mm}}$ environ, étaient obtenus par compression suivie de frittage et avaient des densités s'échelonnant entre 4,7 et 4,9. Nous avons vérifié, pour le ferrite de cobalt, que jusqu'à une densité de 3,2 les résultats étaient reproductibles. L'étalon de comparaison était un barreau Pyros de 52^{mm}.

Dans les figures, les abscisses sont les allongements du Pyros, gradués en degrés; on a indiqué la longueur correspondant à un allongement de 1/1000. Les coefficients de dilatation indiqués ont été obtenus par dépouillement des courbes.

(1) *Travaux et Mémoires du Bureau Int. des Poids et Mesures*, **17**, Paris, 1927; *Comptes rendus*, **172**, 1921, p. 320.

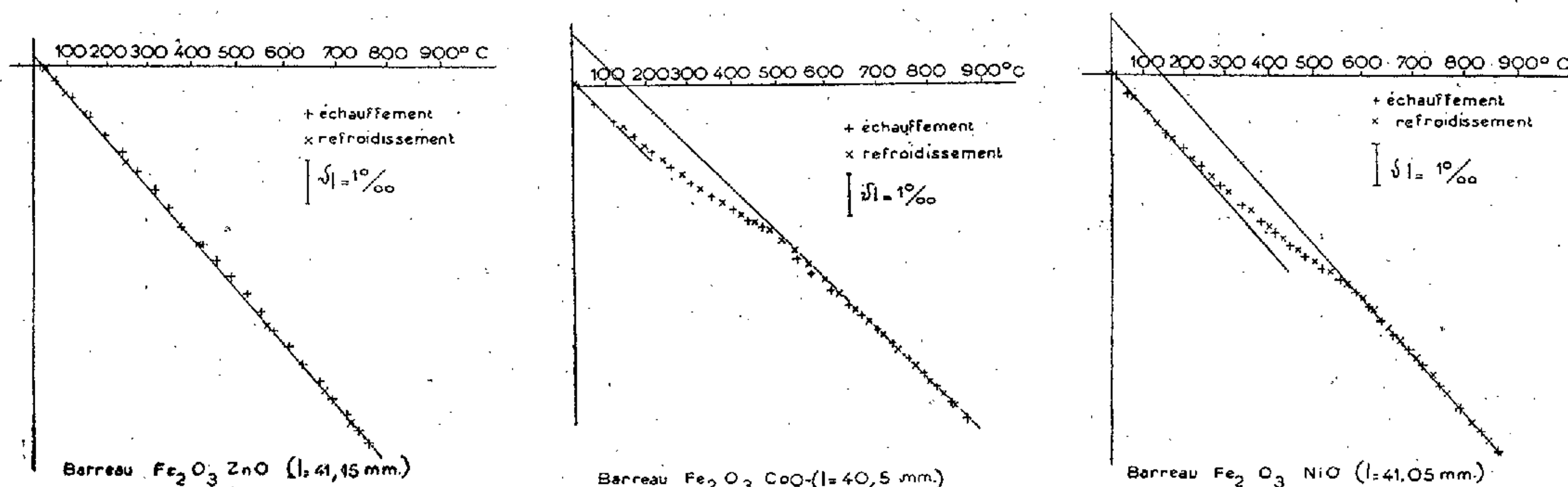
(2) *Ann. Phys.*, XI, **8**, 1937, p. 238.

(3) *Ann. Chim.*, X, **9**, 1928, p. 368.

a. Ferrite de zinc. — Ce ferrite, paramagnétique, n'a pas d'anomalie de dilatation : la branche linéaire descend jusqu'à la température ordinaire, ce qui justifie notre méthode d'extrapolation. Les coefficients de dilatation moyens sont, pour les divers intervalles de température :

$$\alpha_{18^\circ}^{200^\circ} = 7,5.10^{-6}, \quad \alpha_{200^\circ}^{400^\circ} = 8,4.10^{-6}, \quad \alpha_{400^\circ}^{600^\circ} = 9,6.10^{-6} \quad \alpha_{600^\circ}^{800^\circ} = 9,7.10^{-6}.$$

Ils sont sensibles aux impuretés.



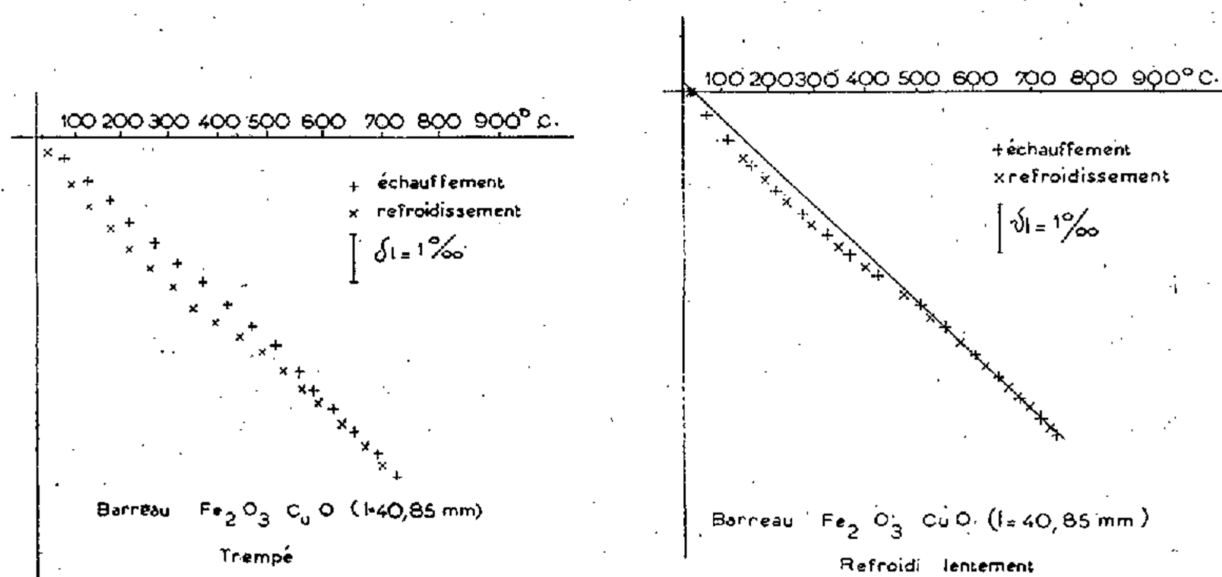
b. Ferrite de cobalt : $(dl/l)_m = 1,14.10^{-3}$ à 20°C :

$$\alpha_{600^\circ}^{800^\circ} = 12.10^{-6}.$$

c. Ferrite de nickel : $(dl/l)_m = 1,28.10^{-3}$ à 20°C :

$$\alpha_{600^\circ}^{800^\circ} = 11.10^{-6}.$$

d. Ferrite de cuivre. — L'une des figures est obtenue avec un échantillon trempé (cubique), l'autre avec un échantillon refroidi lentement (quadra-



tique) ([4]). Pour le second seul la courbe est réversible : nous avons vérifié d'autre part ([4]), que pour un échantillon refroidi lentement, l'équilibre s'établit

([4]) L. Weil, F. Bertaut et L. Bochirol, *J. Phys.*, 11, 1950, p. 208.

plus rapidement lors d'un chauffage ultérieur. Aucune évaluation sûre de l'anomalie magnétique n'est possible : entre le point de Curie et 800° a lieu une modification de structure qui rend l'extrapolation de la branche de haute température hasardeuse. Enfin, au delà de 850°, s'amorce la décomposition du ferrite, de telle sorte que, les courbes deviennent irréversibles : nous ne les avons pas reproduites. Des courbes obtenues pour le ferrite trempé, on peut déduire une anomalie de longueur due à la fois à la différence d'aimantation spontanée et de structure des deux variétés : il suffit de prendre la différence des ordonnées pour une même température. Nous avons vérifié sur plusieurs échantillons qu'elle est reproductible.

ÉLECTRONIQUE. — *Mesure de la fréquence de résonance de la charge d'espace d'un magnétron coaxial.* Note (*) de M. **Patrice Fechner**, présentée par M. Camille Gutton.

On sait que la charge d'espace d'un magnétron à anode pleine, pour une onde de pulsation ω donnée, possède une fréquence de résonance, obtenue lorsque le champ magnétique continu H, et la tension interélectrodes V sont liées par la relation

$$\frac{1}{c}\frac{e}{m}\mathrm{H} = \omega + \frac{3}{2}\frac{\frac{e}{m}}{\omega}\frac{\mathrm{V}}{a^2 \operatorname{Log}\frac{b}{a}}. \tag{1}$$

Dans cette formule, H est exprimé en gauss et V en u. e. s.; a et b sont respectivement les rayons de la cathode et de l'anode.

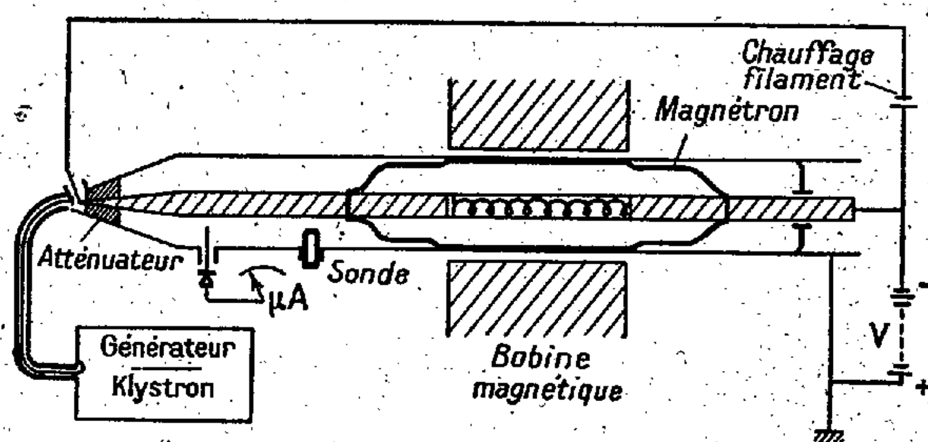


Fig. 1.

Dans ces conditions, le magnétron fonctionne en régime bloqué, c'est-à-dire que les valeurs de la tension et du champ magnétique d'utilisation sont telles que le magnétron ne peut osciller.

(*) Séance du 26 juin 1950.

Le principe de la mesure permettant de vérifier cette loi est le suivant :

Un émetteur auxiliaire fournit l'onde de pulsation ω (*fig.* 1). Cette onde circule à l'intérieur d'une ligne coaxiale couplée au magnétron. Derrière celui-ci, un piston adaptateur permet de ramener au niveau du magnétron une impédance infinie. Une sonde placée devant le magnétron a pour but d'augmenter sa surtension de façon à obtenir des variations plus importantes de son impédance en fonction de la tension V. Un cristal détecteur placé devant l'ensemble permet de mesurer la résonance du coefficient de réflexion de l'onde dans le guide, pour une valeur du champ magnétique H et de la tension V.

Le détecteur étant placé à un maximum du champ électrique, lorsque l'impédance du magnétron varie, l'amplitude du champ électrique au niveau du détecteur varie elle aussi. L'impédance du magnétron présentant une résonance en fonction du champ magnétique, on déduit de la variation du courant détecté en fonction du champ magnétique le champ de résonance H.

Dans le magnétron utilisé pour cette expérience

$$a = 0^{\text{cm}},4, \qquad b = 1^{\text{cm}},5, \qquad \lambda = 9^{\text{cm}},5.$$

Dans ces conditions, la formule (1) devient

$$\text{Hg} = 1125 + 0,036\,\text{V (volts)}. \tag{2}$$

La figure 2 montre les variations expérimentales du courant détecté en fonction du champ magnétique. On voit sur ces courbes que le champ magné-

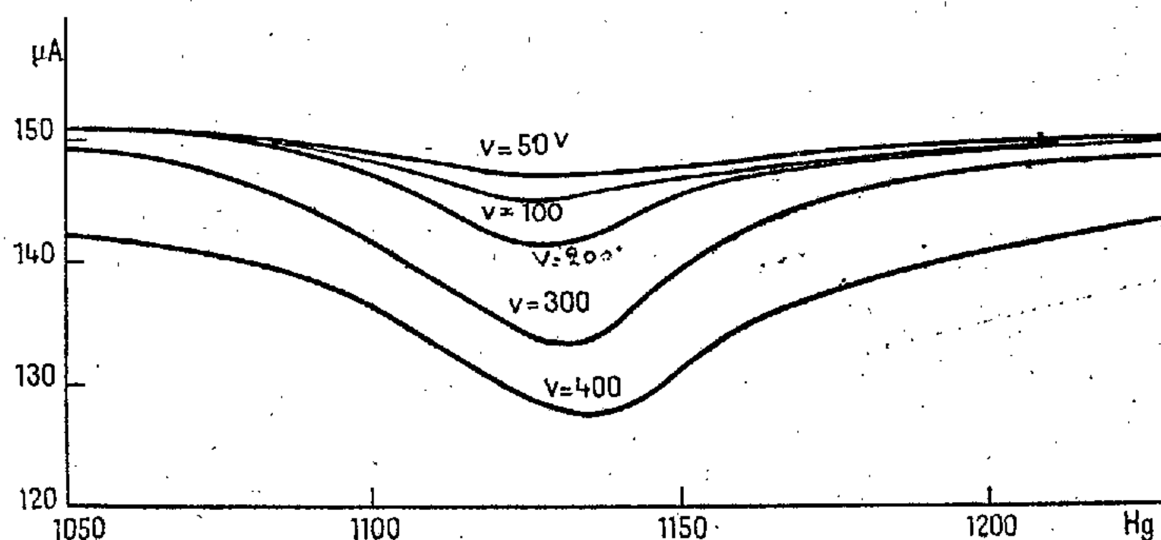


Fig. 2.

tique de résonance varie peu en fonction de la tension V, comme l'indique la formule (2).

Les résultats fournis par l'expérience vérifient donc bien la formule théorique.

PYROÉLECTRICITÉ. — *Sur la sensibilité des cristaux pyroélectriques aux radiations lumineuses modulées.* Note de M[lle] **Colette Rossetti**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les études antérieures sur la pyroélectricité ont montré que, dans un cristal pyroélectrique soumis à une élévation de température θ, les deux faces perpendiculaires à l'axe électrique se chargent de quantités d'électricité égales et de signes contraires $Q(\text{u. e. s.}) = \gamma S \theta$, S étant la surface de la lame, et γ la constante pyroélectrique de la substance.

On a étudié l'influence d'un rayonnement lumineux modulé sur un tel cristal et l'on a cherché une relation entre l'énergie reçue par une lame cristalline et les charges pyroélectriques qui s'y développent.

L'une des faces de la lame est fixée sur un support métallique, l'autre est recouverte d'une couche *noire* conductrice; on forme ainsi un condensateur. Le flux lumineux est modulé et la différence de potentiel alternative, qui apparaît entre les armatures, est appliquée à l'entrée d'un amplificateur électronique à trois étages, dont la première lampe fonctionne en électromètre. On étudie à l'oscillographe cathodique la tension de sortie de l'amplificateur.

Des études en lumière totale ont montré que la sensibilité des cristaux pyroélectriques aux radiations lumineuses modulées augmente très rapidement quand la fréquence de modulation diminue. Le calcul a confirmé les résultats expérimentaux, l'amplitude de la tension pyroélectrique développée dans la lame cristalline étant donnée par une expression de la forme

$$V = \frac{I_0 \gamma}{K} \frac{1}{n},$$

n est la fréquence de modulation (la formule n'est plus valable pour les valeurs infiniment petites de n), I_0 est la densité de flux tombant sur le cristal, et K un terme qui ne dépend que des constantes physiques de la substance cristalline.

En opérant en lumière monochromatique, on a déterminé la courbe de sensibilité du phénomène en fonction de la longueur d'onde des radiations incidentes. La lame étudiée est placée derrière la fente de sortie d'un spectrographe infrarouge à prisme de sel gemme, selon deux dispositifs :

1° La face noircie reçoit et absorbe totalement le flux incident. On fait défiler sur le cristal le spectre infrarouge de 1 à 15μ. La courbe de réponse à la longueur d'onde est semblable à la courbe d'émission de la source.

2° On éclaire l'une des faces latérales (non noircie) du cristal. Le faisceau lumineux traverse plus ou moins la lame en raison de l'absorption propre de la substance. Dans ce cas, la courbe de réponse est semblable à la courbe d'absorption infrarouge du cristal. Les maxima de sensibilité pyroélectrique

coïncident avec les maxima d'absorption. On a montré également que la courbe de réponse se rapproche de la courbe d'émission de la source lorsque l'épaisseur de la lame cristalline augmente. Ceci est en accord avec le fait que, sous une épaisseur de l'ordre de quelques millimètres, la lame absorbe totalement toutes les radiations infrarouges.

On a ainsi étudié l'acide tartrique droit, et le sulfate de lithium monohydraté, qui s'est montré trois fois plus sensible. Ceci est en accord avec les valeurs des constantes pyroélectriques des deux corps.

Avec le montage électronique utilisé, accordé à la fréquence 20 cycles/sec, une lame de sulfate de lithium de 2^{mm} d'épaisseur et 50^{mm^2} de section, permet de détecter une énergie de 50 ergs/sec tombant sur le cristal. La sensibilité du montage est de $4\,V/W/cm^2$. Son utilisation comme détecteur infrarouge semble donc possible. On a, en effet, obtenu des spectres, en particulier celui du benzène dans la région de 5 à 15^{μ}, spectres en tout point semblables à ceux réalisés, dans les mêmes conditions, avec une thermopile de modèle courant.

L'utilisation du phénomène en flux lumineux constant devrait conduire à une augmentation importante de la sensibilité.

EFFET RAMAN. — *Spectre de l'alun de potassium cristallisé.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu** et Mme **Mireille Tobailem**, présentée par M. Jean Cabannes.

Détermination des types des raies, discussion de leur origine et comparaison avec le spectre d'absorption infrarouge.

Les fréquences de Raman de l'alun $(SO_4)_2AlK, 12H_2O$ ont été mesurées par plusieurs auteurs ([1]). Partant de sa structure (groupe T_h, P a 3) déterminée au moyen des rayons X ([2]) et des règles de sélection relatives au spectre de vibration des cristaux cubiques ([3]), nous avons cherché à distinguer les trois types de raies de Raman A_g, E_g, F_g (notation de Placzek) données par des monocristaux de ce composé. Pour cela, il est particulièrement avantageux d'utiliser une radiation excitatrice polarisée vibrant dans la direction de diffusion, normale à la direction d'éclairement, lorsque ces deux directions sont à 45° de deux axes quaternaires du cube et que le troisième de ces axes leur est normal. Dans ces conditions, le facteur de dépolarisation ρ a la valeur ∞ pour les raies E_g, O pour les raies F_g; quant aux raies A_g, leur intensité s'annule dans ce cas. Le tableau suivant donne les fréquences $\Delta\nu$ observées en cm^{-1}, le

(1) H. Nisi, *Japanese Journal Physics*, 7, 1932, p. 3; G. Liebfried, *Ann. Physik*, 37, 1940, p. 628.

(2) H. Lipson et C. A. Beevers, *Proc. Royal Soc.*, A, 148, 1935, p. 664.

(3) L. Couture et J.-P. Mathieu, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 521.

ype des raies et l'appréciation de leur intensité I (F : forte, m : moyenne, f : faible).

$\Delta\nu$	87.	199.	326.	454.	465.	527.	619.	718.
Type	E	F	A+F	E	F	E+F	E+F	E+F
I	f	f	f	F	F	f	F	f

$\Delta\nu$	780.	977.	995.	1107.	1131.	1214.	1384.	3382.	3525.
Type	E	A	A+E	E	F	–	–	complexes	
I	f	m	F	m	F	f	f	F	m

La maille de l'alun est formée par l'assemblage de trois sortes d'ions complexes : des anions SO_4 tétraédriques, des cations octaédriques $Al(OH_2)_6$ et $K(OH_2)_6$.

Compte tenu de la présence dans la maille de huit ions SO_4 homologues, de symétrie C_3, et de l'existence d'un centre de symétrie, on prévoit que la vibration fondamentale totalement symétrique doit donner dans le cristal deux raies de Raman (A_g, F_g); la vibration doublement dégénérée, trois raies (E_g, $2F_g$); chacune des deux vibrations triplement dégénérées, cinq raies (A_g, E_g, $3F_g$). On ne trouve au voisinage de la fréquence double que deux raies 454 et 465 cm^{-1}. Le doublet à 619 cm^{-1} est attribuable à l'une des fréquences triples; de l'autre dérivent les raies 1107 et 1131 cm^{-1}. On pourrait songer à rattacher à ce dernier groupe la raie 977 cm^{-1}, mais la considération des distances S—O dans le tétraèdre déformé n'est pas favorable à cette interprétation ([4]). La raie totalement symétrique se comporte, comme il arrive souvent, de façon anormale, car sa polarisation correspond à la présence d'une raie E_g superposée à la raie normale A_g.

Chacun des assemblages octaédriques $Al(OH_2)_6$ et $K(OH_2)_6$ possède en principe trois fréquences fondamentales actives, en négligeant les vibrations propres des molécules d'eau; mais comme c'est une liaison essentiellement électrostatique qui unit l'ion métallique aux dipôles OH_2, on prévoit que l'intensité des raies de Raman doit être faible et leur fréquence basse. Le doublet 326 cm^{-1} dérive probablement par couplage de la pulsation totalement symétrique du groupe $Al(OH_2)_6$, car on a trouvé dans le spectre des solutions de sels d'aluminium ([5]) et dans celui du nitrate cristallisé ([6]) une raie 396 cm^{-1} attribuable à un hydrate d'ion. Les deux autres raies de basse fréquence n'ont pas nécessairement une origine analogue, car il existe en principe un spectre de vibrations externes qui contient des oscillations de translation des ions SO_4(A_g, E_g, $2F_g$) et des librations (A_g, E_g) de ces ions et des cations

---

([4]) L'interprétation que Liebfried ([1]) donne de cette raie est insoutenable, car tous les ions SO_4 de la maille sont homologues.

([5]) A. de Silveira, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 1035.

([6]) J.-P. Mathieu, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1068.

complexes; il est vrai que ces dernières doivent donner des raies très faibles, vu la symétrie quasi cubique des édifices pivotants.

Les molécules d'eau forment deux familles dans le cristal; les oscillations des molécules d'une même famille pouvant être couplées entre elles, on prévoit de multiples raies dérivées des trois vibrations fondamentales de H_2O. On n'observe que deux bandes larges, correspondant aux deux vibrations de valence; leur état de polarisation montre qu'elles sont formées de raies de types divers. Il se peut d'ailleurs que les molécules d'eau tournent à la température ordinaire ([7]).

Dans le spectre d'absorption infrarouge de l'alun, seules sont actives les raies de type F_u; mais l'étude a été faite sur le spectre de réflexion ([8]) qui ne donne pas directement les fréquences fondamentales. Outre des bandes fortes dues aux oscillations dégénérées des ions SO_4 et qui sont seules signalées par les auteurs, on en relève sur leurs graphiques de moins intenses à 680 et 910 cm^{-1}, qui pourraient correspondre, la première à l'une des vibrations F_u du groupe 620, la seconde à la vibration F_u dérivée de la vibration totalement symétrique. Le spectre de réflexion de basse fréquence ([9]) montre l'existence de raies d'hydrate.

Les raies de Raman très faibles 527, 718, 780, 1214 et 1384 cm^{-1} n'ont pu recevoir d'attribution satisfaisante.

EFFET RAMAN. — *Spectres du sulfate de glucinium quadrihydraté.* Note de M. **Roger Soulmagnon** et Mme **Lucienne Couture-Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude théorique et expérimentale d'un monocristal et de sa solution; calcul et mesure des intensités et des facteurs de dépolarisation des raies. Attribution de certaines d'entre elles.

Le spectre de Raman du sulfate de glucinium quadrihydraté a été étudié sur un monocristal et en solution. Le cristal est quadratique et appartient au groupe infini V_d^{10} ($F\bar{4}2c$). Il a été taillé de façon à permettre une étude de la polarisation des raies, avec ses arêtes parallèles à celles de la maille

$$(a : c = 1 : 0{,}9461).$$

Le Tableau I contient les fréquences en cm^{-1} des raies de Raman du cristal, des indications de leur intensité (t f, très faible; f, faible; m, moyenne; F, forte; T F, très forte) et, pour les raies les plus fortes, les valeurs (non nulles) des

([7]) E. Bauer, *Cahiers de Physique*, 21, 1944, p. 46.
([8]) C. Schæfer et M. Schubert, *Ann. Physik*, 50, 1916, p. 304.
([9]) K. H. Hellwege, *Ann. Physik*, 34, 1939, p. 521.

coefficients du tenseur de polarisabilité dérivé, données relativement à la raie 588cm^{-1}, enfin les types des raies dans la notation de Placzek et les attributions aux vibrations internes de l'ion SO_4 libre. Le Tableau II contient les valeurs trouvées pour la solution ($N = 3,6$) avec l'indication de la polarisation des raies (D, dépolarisée; P, polarisée; ρ, facteur de dépolarisation).

TABLEAU I.

$\Delta\nu$	207.	238.	275.	337,5.	348.	417.	442
Intensité.....	f	f	m $\varepsilon^2_{XY} = 5,7$	f $\varepsilon^2_{XY} = 1,9$	tf	F $\varepsilon^2_{ZZ} = 11,4$ $\varepsilon^2_{XX} = 2,8$	tf
Type.........	A_1	A_1 ou B_1	B_2	B_2	A_1 ou B_1	A_1	E
Attributions..						ν_2	

$\Delta\nu$	474.	492,5.	497.	513.	547.	571.	588.	626.	698,5
Intensité.....	f	F $\varepsilon^2_{XX} = 7,6$	F $\varepsilon^2_{XY} = 10,5$	tf	tf	tf	F $\varepsilon^2_{XY} = 10$	F $\varepsilon^2_{ZX} = 10,5$	tf
Type.........	E	B_1	B_2	E	E	?	B_2	E	?
Attributions..		ν_2	ν_2				ν_4	ν_4	

$\Delta\nu$	796,5.	915.	994.	1000.	1020.	1077.	1107.	1164
Intensité.....	tf	tf	TF $\varepsilon^2_{ii} = 40$	tf	f	F $\varepsilon^2_{ZX} = 12,1$	F $\varepsilon^2_{ZX} = 13,9$	f
Type.........	?	A_1	A_1			E	E	E
Attributions..			ν_1	(497×2)		ν_3	ν_3	

TABLEAU II.

$\Delta\nu$	443.	612.	981,5.	1000.	1051.	1118.	1639.	3194.	3430.
Int..............	m	m	F	f	f	m	m	F	TF
Pol.............	D	D	P	–	$\rho = 0,1$	D	$\rho = 0,7$	P	$\rho = 0,4$
Attr............	ν_2	ν_4	ν_1	–	ν_3	ν_3	H_2O	H_2O	H_2O

Le cristal est formé (¹) de tétraèdres SO_4 et $Be(OH_2)_4$ reliés par des liaisons hydrogènes courtes (2,6 Å), de façon à ne plus posséder que la symétrie S_4. On a, par abaissement de la symétrie des tétraèdres (de T_d à S_4) puis par couplage entre les deux tétraèdres de la maille de symétrie V_d, les correspondances de types suivantes pour les différentes vibrations :

	T_d.	S_4.	V_d.
ν_1...............	A_1	A	$A_1[10] + A_2(0)$
ν_2...............	E	A, B	$A_1[\varepsilon^2_{XX} = \varepsilon^2_{YY} = 10]$, $(\varepsilon^2_{ZZ} = 40) + A_2(0)$, $B_1(7,5) + B_2(22,5)$
ν_3 et ν_4.........	F_2	B, E	$B_1[10] + B_2(5,3)$, 2E

Les chiffres entre parenthèses indiquent les intensités théoriques des raies relativement au nombre entre crochets contenu dans chaque ligne, en admettant des forces perturbatrices infiniment petites agissant sur des tétraèdres réguliers.

(¹) C. A. BEEVERS et H. LIPSON, *Zeits. Kristal.*, 32, 1932, p. 297.

Pour l'ion SO_4, les raies correspondant à ν_2 ont les types et, à peu près, les intensités prévues; il n'en est pas de même pour l'ensemble de ν_4 où manque une raie de type B_1; la raie ν_1, 994 cm^{-1}, présente une forte anomalie de polarisation ($\rho = 0,6$) lorsque l'axe optique du cristal a la direction de la lumière diffusée; à l'ensemble de ν_3 manquent les raies B_1 et B_2 et l'on trouve dans cette région une raie de type E inexpliquée.

On ne peut trouver de raie attribuable à la pulsation des tétraèdres $Be(OH_2)_4$, ce qui est probablement dû à un élargissement des niveaux de vibration causé par la présence des liaisons hydrogène. Devant cet état de choses, nous n'avons attribué aucune des raies présentes à des vibrations des tétraèdres $Be(OH_2)_4$.

La bande de l'eau à 1600 cm^{-1} n'a pas été vue. Mais on trouve une bande extrêmement large s'étendant vers les hautes fréquences à partir de 3000 cm^{-1}.

Les raies de fréquence inférieure à 400 cm^{-1}, si elles ne sont pas attribuées aux vibrations internes de $Be(OH_2)_4$ doivent provenir des vibrations externes des ions du cristal. Mais le dénombrement *a priori* des translations (T_z : $2B_1$, $1B_2$; $T_\perp$: 3E) et des librations des tétraèdres (R_z : $2A_1$, $2A_2$; $R_\perp$: 4E) ne correspond pas aux types des raies; en particulier, on trouve dans le spectre une raie de type B_2 supplémentaire et on ne trouve aucune raie de type E. Enfin, un grand nombre de raies faibles répandues dans tout le spectre ne semblent pas avoir d'explication simple.

Les spectres de la solution présentent de grandes différences avec ceux du cristal; en particulier la cessation de dégénérescence de ν_2 qui, dans le cristal, donne une séparation de fréquence de 80 cm^{-1}, ne se produit pas dans la solution, pour laquelle on ne trouve qu'une bande floue.

STRUCTURE MOLÉCULAIRE. — *Étude infrarouge de quelques composés stéroïdes dans la zone de* 3μ. Note de Mlle **Marie-Louise Josien**, présentée par M. Paul Pascal

L'examen du spectre infrarouge de quelques composés stéroïdes dont le détail sera publié ailleurs, nous a permis d'identifier les différentes bandes d'absorption correspondant à la liaison de valence CH et de découvrir l'influence d'un cycle propanique adjacent à un groupement CH.

Historique. — Une première série d'études sur cette région du spectre des stéroïdes a été publiée par Furchgott et ses collaborateurs (1); mais ces auteurs ne disposant que d'un prisme de chlorure de sodium n'ont pu que mentionner une *forte bande vers* 3μ,35. Une analyse plus détaillée a été faite récemment par Jones et son équipe (2) en utilisant un prisme de fluorure de lithium. Ces auteurs observent : « Dans tous les stéroïdes, il y a de

(1) *J. Biol. Chem.*, **163**, 1946, p. 375; **164**, 1946, p. 621; **167**, 1947, p. 627; **171**, 1947, p. 523.
(2) *J. Amer. chem. Soc.*, **72**, 1950, 86.

fortes bandes dans la région entre 3 000 cm^{-1} et 2 800 cm^{-1}, dues aux vibrations des CH des cycles et de la chaîne latérale. Dans le sulfure de carbone, plusieurs stéroïdes non saturés montrent une bande ou un point d'inflexion sur le côté de la bande principale, du côté des hautes fréquences ». Rappelons enfin que d'une façon tout à fait générale, la position de la bande CH a été étudiée par Fox (³), en 1938, et discutée de nouveau par Chabbal (⁴), en 1949; ils attribuent les fréquences suivantes à l'oscillateur CH, d'après son entourage.

		Fox.	Chabbal.
R_1, R_2 >CH (double liaison)		3 019 cm^{-1}	3 034 cm^{-1}
R_1, R_2, R_3 >CH		2 890	2 912
R_1, R_2 >CH_2	(anti)	2 926	2 947
	(sym)	2 853	2 880
R—CH_3	(anti)	2 962	2 972
	(sym)	2 972	2 890

Résultats personnels. — Les composés étudiés par nous jusqu'à présent ont été les suivants : *n*-cholestérylméthyléther, *i*-cholestérylméthyléther, 6-méthoxy-*i*-androstène-17-α-ol, 3-β-méthoxy-5-androstène-17-α-ol, 6-méthoxy-*i*-androstène-17-one qui nous ont été confiés par le Dr Percy Julian. Les spectres ont été obtenus à l'aide d'un appareil Beckman muni d'un prisme de fluorure de lithium. Les substances ont été examinées sous la forme d'une mince pellicule solide, obtenue par évaporation sur une lame de chlorure de sodium d'une solution dans le sulfure de carbone ou la pyridine. Les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

	A.	B.	C.	D.	E.	F.	Solvants.
n-cholestérylméthyléther........	3,50	3,47	3,45	3,41	3,38	3,30	Sulfure de carbone
	aF	f	f	F	m	f	
i-cholestérylméthyléther........	3,49	3,46	3,44	3,40	3,38	3,31	»
	aF	f	f	F	m	f	
6-méthoxy-*i*-androstène-17-α-ol...	3,49	–	3,43	3,40	3,38	3,31	Pyridine
	m		f	F	f	f	
3-β-méthoxy-5-androstène-17-α-ol	3,50	–	3,43	3,39	3,37	3,31	»
	f		f	F	f	f	
6-méthoxy-*i*-androstène-17-one...	3,49	–	3,44	3,40	3,39	3,31	»
	m		f	F	f	f	

Dans les cinq cas étudiés, on observe une bande très forte dont le maximum est resté compris entre 3,39 et 3μ,41. De chaque côté de cette bande existent des points d'inflexion et des bandes moins intenses. Une analyse détaillée conduit aux remarques suivantes :

1° Le maximum d'absorption (bande D) semble correspondre dans tous les cas à la vibration antisymétrique du groupement CH_2.

(³) *Proc. Roy. Soc. London*, A 167, 1938, p. 257.

(⁴) Diplôme d'études supérieures, Paris, 1949.

2° La bande A qui correspondrait à la vibration symétrique du même groupe CH_2, est assez forte pour les deux composés à chaîne latérale, mais beaucoup plus faible pour les deux autres.

3° La bande E correspondant à la vibration antisymétrique du groupement CH_3 est nettement plus intense pour les deux éthers du cholestérol.

4° La bande B qui peut être assignée à la vibration symétrique du CH_3, n'est visible que pour ces deux derniers.

5° Tous les composés présentent vers 3μ,30 un point d'inflexion (bande F) qui correspond à la position attendue pour le groupe $\begin{matrix} R_1 \\ R_2 \end{matrix}\!\!>\!CH$.

Conclusion. — L'étude détaillée de la zone des trois microns permet donc de retrouver pour ces grosses molécules les différentes longueurs d'onde assignées à la vibration du groupe CH. Chose plus remarquable, cette analyse permet en outre de déceler la présence de la composante 3,30, assignée habituellement à un groupe CH adjacent à une double liaison, dans le cas des isomères *i* comme dans le cas des isomères dits normaux. Or les isomères *i* ne possèdent pas de double liaison proprement dite, mais un cycle propanique provenant d'une liaison supplémentaire entre les atomes de carbone 3 et 5 d'un cycle à six atomes de carbone. C'est la première fois, croyons-nous, que cette influence particulière du cycle propanique sur une liaison CH adjacente a été mise en évidence par spectrographie infrarouge. Seule, jusqu'à présent, la spectrographie ultraviolette avait été utilisée pour montrer le bien-fondé d'hypothèses comme celle-ci basée sur des faits chimiques : un système constitué par un noyau cyclopropanique adjacent à un groupement CO se comporte comme un système de double liaison conjuguée ([5]). Ici, nous observons, directement, semble-t-il, l'influence du cycle propanique sur le CH adjacent, en l'absence de toute double liaison.

STRUCTURE MOLÉCULAIRE. — *Sur la polarisation des molécules aromatiques perturbées*. Note de M. **Jean Ploquin**, présentée par M. Paul Pascal.

J'ai antérieurement ([1]) donné des formules générales qui permettent d'établir les fonctions d'onde des électrons mobiles, propres au cycle aromatique, pour une molécule qui pourrait être considérée comme dérivant du benzène par l'introduction de perturbations sur les six sommets; et par suite les grandeurs telles que les densités électroniques qui permettent souvent une interprétation au moins qualitative des propriétés de la molécule considérée. Comme il ne s'agit que d'une méthode d'approximation, il importe de voir comment et combien les hypothèses admises au départ influent sur le résultat

---

([5]) Klotz, *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, 88.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 15, 1948, p. 640.

final. J'ai donc repris ces calculs avec des hypothèses moins restrictives que dans les développements antérieurs.

Je supposerai maintenant que la substitution sur le sommet k perturbe simultanément l'intégrale coulombienne H_{kk} et les intégrales d'échange avec les sommets voisins H_{kl}, pour $|k-l|=1$. On pourra donc poser en généralisant les anciennes notations [*cf.* (1)]

$$H_{kk}=Q_B+d_k\beta \qquad H_{kl}=d_{kl}\beta,$$

avec

$$d_{kl}=0 \quad \text{pour} \quad |k-l|>1, \qquad d_{kl}\neq 0 \quad \text{pour} \quad |k-l|=1.$$

Il en résulte que

$$W_j^1=\int \varphi_j^{0*}H'\varphi_j^0\,d\tau=\frac{1}{6}\sum_k\sum_l e^{\frac{2\pi i}{6}j(l-k)}\int \psi_k^* H\psi_k\,d\tau$$

comporte le terme déjà calculé pour $k=l$ et un nouveau terme

$$W_j^{1'}=\frac{1}{6}\sum_k\sum_l 2\,d_{kl}\beta\cos\frac{2\pi j}{6}.$$

On peut par suite écrire l'énergie totale de l'orbitale j perturbée

$$W_j=Q_B+\frac{2\beta}{6}\sum_k d_k+2\beta\cos\frac{2\pi j}{6}\left(1+\frac{1}{6}\sum_{k,l}d_{kl}\right).$$

D'où pour l'énergie d'excitation de la molécule dans son premier état excité

$$E=W_3-W_2=2\beta\left(1+\frac{1}{6}\sum_k\sum_l d_{kl}\right).$$

Les d_{kl} pourraient donc en principe être accessibles expérimentalement, à partir des données spectroscopiques par exemple; le signe de cette perturbation, positif ou négatif, correspond à un effet bathochrome ou hypsochrome du substituant.

Quant au calcul des fonctions d'onde perturbées, il indique que la première approximation de la perturbation

$$\varphi_j^1=\frac{1}{12\sqrt{6}\beta}\sum_{i\neq j}\sum_k\sum_{k''}\sum_l \frac{e^{\frac{2\pi i}{6}(jl-ik+ik'')}\int\psi_k^* H\psi_l\,d\tau}{\cos\frac{2\pi j}{6}-\cos\frac{2\pi i}{6}}\psi_{k''}$$

comporte le terme déjà calculé pour $k=l$ et un nouveau terme pour $k\neq l$ qui s'écrit, compte tenu des hypothèses explicitées plus haut

$$\varphi_j^{1'}=\frac{1}{12\sqrt{6}}\sum_{i\neq j}\frac{e^{\frac{2\pi i}{6}i}+e^{-\frac{2\pi i}{6}j}}{\cos\frac{2\pi j}{6}-\cos\frac{2\pi i}{6}}\sum_k\sum_{k''}\sum_l e^{\frac{2\pi i}{6}[jk-ik+ik'']}d_{kl}.\psi_{k''}$$

d'où

$$\varphi_j^1 = \frac{1}{12\sqrt{6}} \sum_{i\neq j} \sum_{k} \sum_{k''} \frac{e^{\frac{2\pi i}{6}(jk+ik''-ik)}}{\cos\frac{2\pi j}{6} - \cos\frac{2\pi i}{6}} \sum_{l} \left[d_k + \left(e^{\frac{2\pi i}{6}i} + e^{-\frac{2\pi i}{6}j} \right) d_{kl} \right] \psi_{k''}.$$

Le calcul peut se poursuivre comme dans l'article antérieur; il suffit en particulier de remplacer, pour $j = 1$ et 2, les anciens d_k par $d_k - i\sqrt{3}\sum_l d_{kl}$ et pour $j = 4$ et 5, les anciens d_k par $d_k + i\sqrt{3}\sum_l d_{kl}$; pour $j = 3$ et 6, les perturbations d_{kl} ne s'introduisent pas explicitement. Les d_{kl} étant en principe déterminés (par spectroscopie), les d_k pourront, comme dans l'approximation antérieure, être obtenus à partir des données expérimentales sur la polarisation des molécules. En réalité, par suite des diverses approximations faites au cours de ces calculs, la confrontation avec l'expérience montre que les d_{kl} sont toujours petits par rapport aux d_k (de l'ordre du 1/10). Ceci justifie donc *a posteriori* les premières hypothèses que j'avais faites, car les possibilités d'interprétation pratique des résultats ne nécessitent pas une meilleure approximation, pour l'instant du moins.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Étude expérimentale de la diffusion des rayons β dans des feuilles métalliques.* Note (*) de MM. **Julien Verhaeghe** et **Joseph Allewaert**, présentée par M. Frédéric Joliot.

E. J. Williams [1] a élaboré un calcul qui exprime la loi de répartition des déviations angulaires d'un rayon β qui traverse une feuille de matière. Utilisant α, l'angle de déviation projeté sur un plan passant par le faisceau incident, cette loi devient directement applicable à des mesures faites au moyen de la chambre de Wilson et s'écrit sous la forme

$$P(\alpha) = G(\alpha) + S(\alpha). \tag{1}$$

Cette relation exprime que les petites déviations partielles, répétées un grand nombre de fois, provoquent une déviation résultante soumise à la loi de Gauss et traduite par le terme $G(\alpha)$ prédominant pour les petites valeurs de α; le second terme provient d'une déviation simple qui ne se fera valoir que pour les angles suffisamment grands.

D'autre part, les mêmes calculs donnent pour la moyenne de la valeur absolue de l'angle de déviation

$$\bar{\alpha} = \left[0,80(\log M)^{\frac{1}{2}} + 1,45\right] \frac{2Ze\sqrt{nd}}{\beta H\rho}, \tag{2}$$

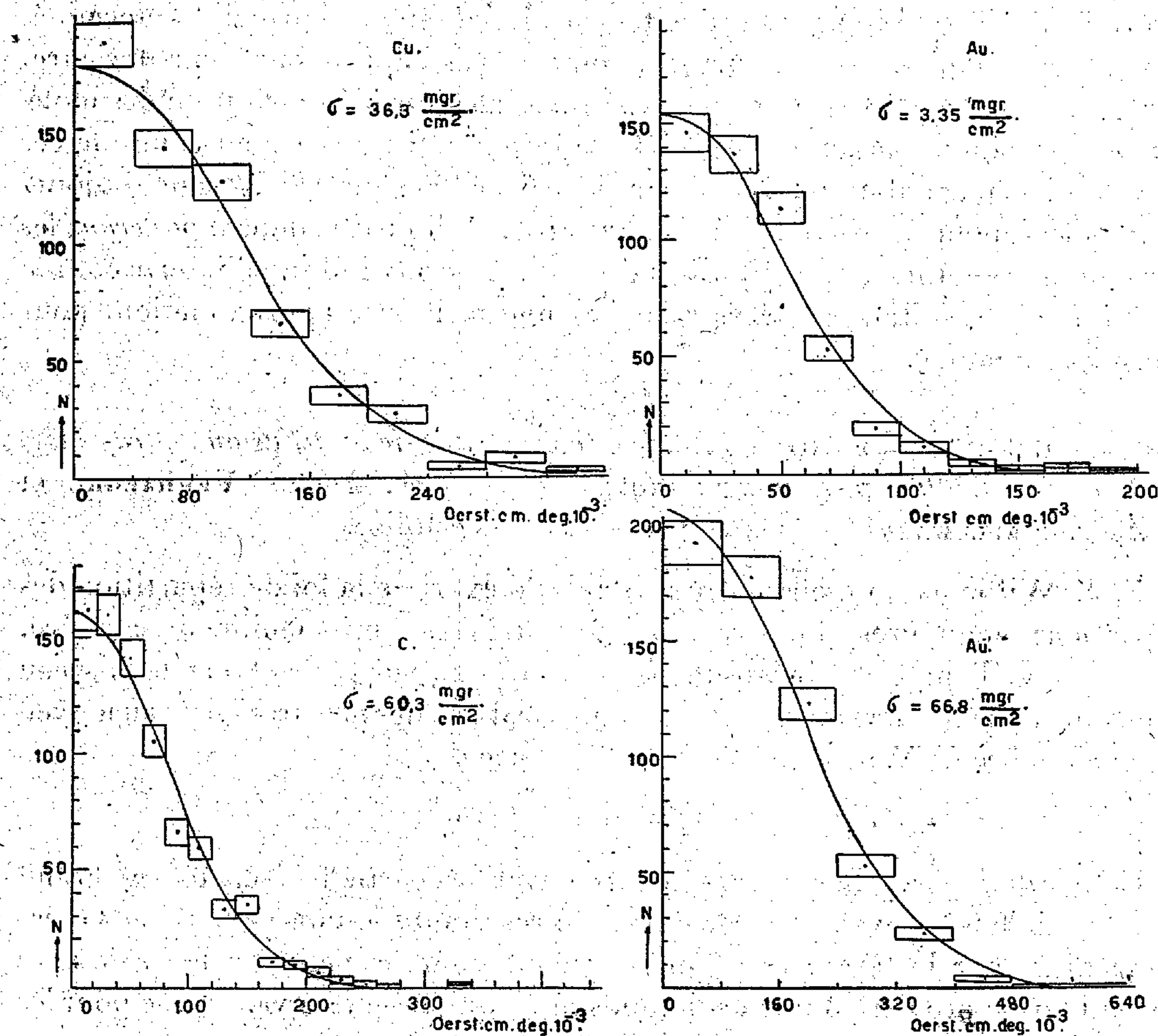
(*) Séance du 3 juillet 1950.

(1) *Proc. Roy. Soc. A. London*, **169**, 1938, p. 531; *Phys. Rev.*, **58**, 1940, p. 292.

avec

$$(3)\qquad M=\frac{Z^{\frac{4}{3}}ndh^2}{(1,75)^2\,2\pi m_0^2\beta^2c^2};$$

d étant l'épaisseur de la feuille métallique, n le nombre d'atomes par centimètre cube qu'elle contient, v la vitesse de l'électron, β le rapport v/c, ρ le rayon du cercle suivant lequel la trajectoire se courbe dans un champ magnétique de H œrsteds, m_0 la masse au repos de l'électron et h la constante de Planck.



La formule (2) a été soumise au contrôle expérimental par différents procédés et des écarts importants ont été constatés ([2]). Nous avons effectué de nouvelles mesures au moyen d'une chambre de Wilson pour les rayons β

([2]) W. A. Fowler et C. W. Sheppard, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 849; N. L. Oleson, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 1 171; M. Slawsky, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 1 203; L. A. Kulchitsky, *Phys. Rev.*, **61**, 1942, p. 254.

provenant de UX_2, sélectionnés par le champ magnétique, et diffusés dans des feuilles de cuivre, d'or et de graphite.

Ces électrons d'énergie moyenne de 1 MeV ne sont pas monocinétiques, mais d'après plusieurs auteurs (³), on peut substituer la moyenne de $\alpha H\rho$ à la valeur $\bar{\alpha} H\rho$ figurant dans la formule (2). Dans les mesures que nous avons effectuées, le produit $H\rho$ variait pratiquement entre les limites 3850 et 6050, le champ H ayant une valeur de 550 œrsteds.

Les courbes de répartition reproduites ici sont effectivement de la forme (1), c'est-à-dire gaussiennes avec une queue du côté des grandes déviations, mais la valeur observée de $\overline{\alpha H\rho}$ ne correspond avec la valeur calculée $\bar{\alpha} H\rho$, que dans le cas où l'angle de déviation moyen ne dépasse pas une quinzaine de degrés. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant où σ est l'épaisseur de la feuille métallique exprimée en milligrammes par centimètre carré et N le nombre total des déviations observées.

	σ.	N.	$\bar{\alpha} H\rho.10^{-4}$.	$\overline{\alpha H\rho}.10^{-4}$.	Rapport (%).	$\bar{\alpha}_{\text{exp}}$ (°).
Cu....................	36,3	598	9,66	8,57	88	19,8
C.....................	60,3	799	6,42	6,32	98	15,8
Au....................	3,35	488	3,92	3,96	101	9,7
Au....................	66,8	577	22,6	13,8	61	31,8

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Un spectrographe β à grand pouvoir dispersif.* Note de M. **Joseph Lafoucrière**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons donné l'équation générale des trajectoires des particules chargées dans les champs magnétiques inhomogènes à symétrie de révolution dans le cas où la topographie du champ est telle que le produit $rH(r)$ soit décroissant avec r dans le plan de symétrie des lignes de force (¹).

Si l'on choisit une loi de variation du champ en r^{-1}, cette équation peut être exprimée au moyen de fonctions élémentaires et le calcul conduit, dans le cas des trajectoires trochoïdales, à l'expression suivante de la précession des enroulements : $\delta = 2\pi[1 - k(k^2 - 1)^{-1/2}]$, où k représente le rapport $rH/\rho H$ de la fonction rH caractéristique du champ considéré et du produit relativiste $\rho H = mv_0/e$ du corpuscule.

Les trajectoires situées dans le plan de symétrie possèdent alors les deux propriétés fondamentales suivantes :

(³) C. W. Sheppard et W. A. Fowler, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 273; N. L. Oleson, *Phys. Rev.*, 60, 1941, p. 378.

(¹) J. Lafoucrière, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 823; *voir* aussi J. Lafoucrière, *Thèse de Doctorat*, 1950 et *Ann. Phys.* (à paraître).

a. La précession ne dépendant pas de l'angle de tir α, une focalisation totale des trajectoires se produit sur le cercle $r = r_0$.

b. L'expression de δ étant également indépendante du rayon r_0 de la source, toutes les trajectoires se déduisent l'une de l'autre par homothétie par rapport au centre de symétrie du champ magnétique.

Nous avons utilisé ces résultats à l'établissement d'un spectrographe β à grand pouvoir dispersif utilisant les trajectoires centripètes émises sous l'angle $\alpha \cong 90°$. Les corpuscules ainsi émis frappent normalement un film cylindrique FF' placé sur le cercle $r = r_0$ (*fig.* 1).

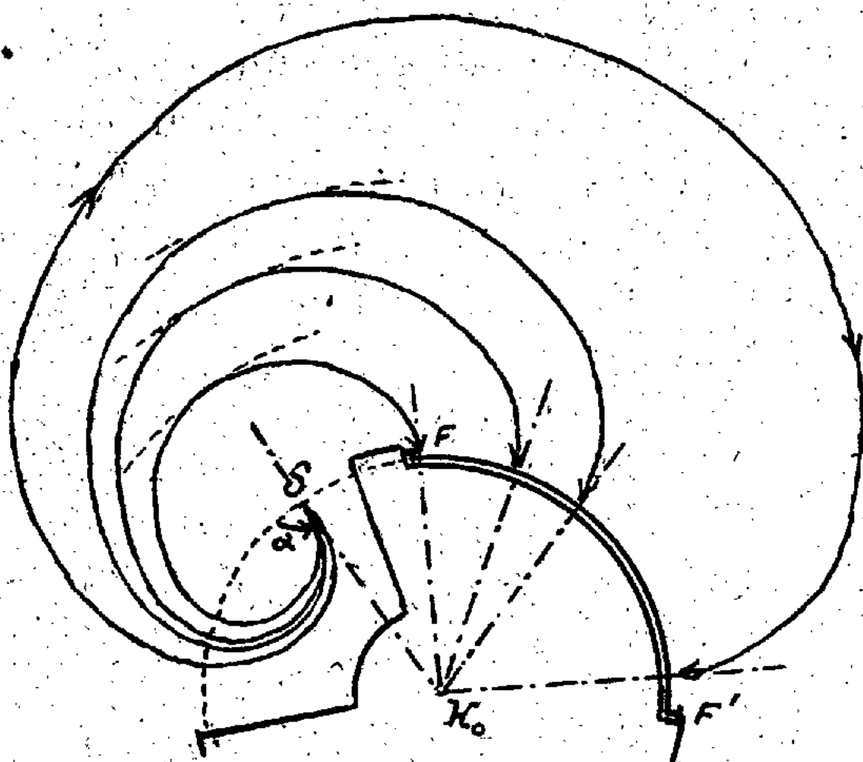


Fig. 1.

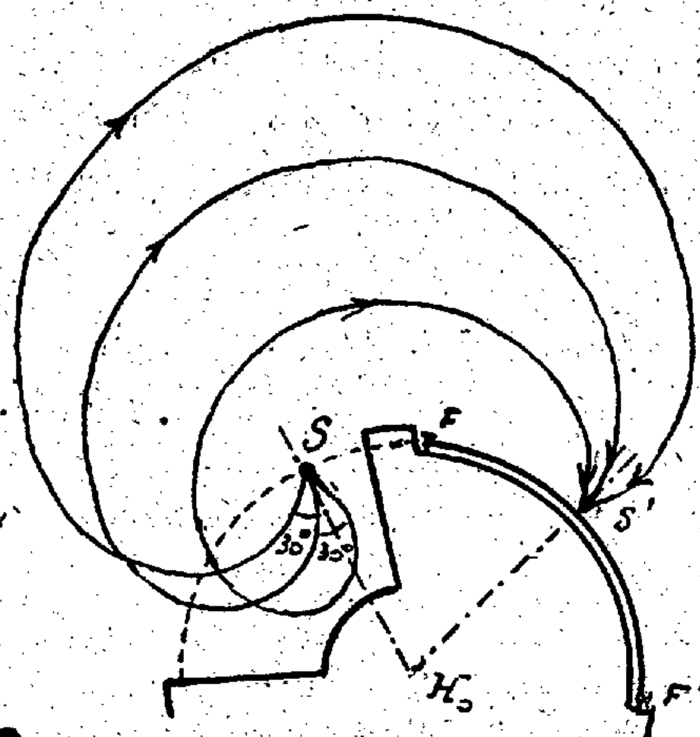


Fig. 2.

1° Le pouvoir dispersif d'un tel spectrographe est donné par l'expression $d\delta/dk = 2\pi(k^2 - 1)^{-3/2}$ et peut ainsi être pris aussi grand que l'on veut en choisissant de façon convenable l'intensité du champ magnétique. Il est multiplié par n si l'on utilise le spectre d'ordre n. La nécessité de conserver la topographie en r^{-1} quelle que soit l'intensité du champ nous conduit à utiliser des bobines sans fer (pour les spectres β de faible énergie) et des électro-aimants différents selon les domaines de rH à étudier.

2° Les propriétés de focalisation parfaite assurant le stigmatisme des images, non plus seulement dans les deux cas particuliers du tir tangentiel ($\alpha = 0$, $\alpha = \pi$) [2], mais quel que soit l'angle d'émission α, on peut admettre des ouvertures du faisceau électronique bien supérieures à celles qu'on utilise dans les spectrographes classiques. On atteint aisément 30° de part et d'autre de la direction radiale (*fig.* 2).

3° Le pouvoir de résolution apparaît limité uniquement par celui du

---

[2] J. Lafoucrière, 229, 1949, p. 1005.

détecteur, les dimensions finies de la source et la précision dans la détermination de la topographie du champ magnétique.

Un tel spectrographe combine donc à la fois les avantages de la méthode de focalisation avec le haut rendement de collection de la méthode de la trochoïde ([3]).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarques sur le modèle quasi atomique et les transitions β nucléaires.* Note (*) de M. **Robert Bouchez**, présentée par M. Frédéric Joliot.

On a étudié les transitions β nucléaires en utilisant le modèle *quasi atomique* ([1]) à ([5]). On a en outre supposé qu'une espèce nucléaire (nuclide) dans un état stationnaire est formée par un petit nombre de configurations caractérisées par (J, L), (J, L′), ..., L, L′... ayant même parité dans une approximation non relativiste. Ce modèle permet d'interpréter d'une façon satisfaisante les transitions β nucléaires.

1. *Classification des transitions* β. — La comparaison des caractères expérimentaux de ces transitions et de la structure des niveaux nucléaires a nécessité la discussion des relations classiques de la théorie de la désintégration β en tenant compte des nombres quantiques L introduits ci-dessus. On a alors précisé à partir de la méthode des harmoniques sphériques de Marshak ([11]) les formules donnant la probabilité de transition avec émission β ou capture d'électrons, pour les types les plus fréquents, caractérisés par la variation ΔJ du moment angulaire total et la variation ΔL du moment angulaire orbital.

Cette étude a d'abord permis de préciser la classification des transitions β déjà effectuée par de nombreux auteurs ([3]), ([5]), ([6]) et ([12]); on considère alors les types de transitions suivants :

a. Transitions permises : $\Delta J = 0, 1$; $\Delta L = 0$;

b. Transitions interdites dont le spectre β possède une forme permise :

1° $\Delta J = 1$; $\Delta L = 2$ (noyaux légers); c'est le cas par exemple des désintégrations du ^{14}C, du ^{32}P, et probablement du ^{22}Na ([7]).

([3]) J. Thibaud, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 447; *Phys. Rev.*, **45**, 1934, p. 787; *Nuovo Cimento*, **5**, 1938, p. 315.

(*) Séance du 26 juin 1950.

([1]) W. D. Harkins, *J. Frank. Inst.*, **194**, 1923, p. 645.

([2]) J. H. Bartlett, *Nature*, **130**, 1932, p. 165.

([3]) E. Feenberg et K.C. Hammack, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1877.

([4]) L. W. Nordheim, *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1894.

([5]) M. G. Mayer, *Phys. Rev.*, **74**, 1949, p. 235; **75**, 1949, p. 1969; **76**, 1950, p. 16.

([6]) E. J. Konopinski, *Rev. Mod. Physics*, **15**, 1943, p. 209.

([7]) R. Bouchez, *Thèse*, Paris, Juin 1950. Pour le ^{14}C les hypothèses que j'ai développées (*Voir* aussi *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 440), avaient été également suggérées par E. Feenberg et H. Primakoff dans ([3]), p. 1892.

c. Transitions interdites dont le spectre possède une forme interdite; elles comprennent les différents types tels que $\Delta J > 1$, $\Delta L \geq 1$. Les transitions avec ΔL pair (c'est-à-dire sans changement de parité) étant de beaucoup les plus nombreuses, c'est le cas par exemple des transitions ${}^{10}Be \to {}^{10}B$ ($\Delta J = 3$, $\Delta L = 2$); ${}^{10}Be \to {}^{10}B^*$ ($\Delta J = \Delta L = 2$) [(8) et (9)].

2° $\Delta J = 0, 1$; $\Delta L = 1$. Ce type de transition correspond à $\Delta J = 0, 1$ et changement de parité d'après les règles de Gamow-Teller; c'est le cas par exemple de la désintégration du ${}^{24}Na$.

2. *Généralisation du critère de Konopinski*. — On a montré ensuite en généralisant le critère de Konopinski, que la partie radiale de l'élément de matrice nucléaire $|M_\rho|^2 \equiv \left|\int G_f^* G_i \, dr\right|^2$ continue un test quantitatif précis du caractère de la transition étudiée (ordre d'interdiction donné par ΔL et ΔJ).

a. On écrit la probabilité de transition sous la forme suivante :

1° *Cas de l'opérateur* $\overrightarrow{\beta\sigma}$: $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} |M_A|^2 |M_\rho|^2 f$, f représente les termes intervenant dans la formule précise de la probabilité de la transition étudiée. Dans le cas $\Delta J = 0, 1$ $\Delta L = 0$; on obtient par exemple

$$f \equiv f_0 \equiv \frac{1 + \gamma_0}{2} \int_1^{\varepsilon_0} \varepsilon p q^2 \mathcal{F}_0 \, d\varepsilon; \quad |M_A|^2 \equiv \sum_{M'} < JLM \mid J'L'M' >^2$$

étant la partie angulaire de l'élément de matrice nucléaire qui peut être calculée par des règles analogues à celles utilisées en spectroscopie atomique.

2° *Cas de l'opérateur* $\overrightarrow{\beta\alpha}$: $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} |M_A|^2 |M'_\rho|^2 f$, dans laquelle $|M'_\rho|^2$ représente la partie radiale de l'élément de matrice nucléaire; dans le cas de l'opérateur $\overrightarrow{\beta\alpha}$ cette partie radiale est le produit d'une grande par une petite composante de la fonction propre radiale nucléaire; on pose $|M'_\rho|^2 \equiv \varepsilon_0^2 R^2 \lambda^2 |M_\rho|^2$ et l'on ajuste empiriquement λ^2 comme le fait Greuling (10).

3° *Cas de termes croisés* $\overrightarrow{\beta\sigma} . \overrightarrow{\beta\alpha}$. — Lorsque $\Delta J \doteq \Delta L = 2, 4$ par exemple, on doit en outre considérer les termes croisés de la forme $\overrightarrow{\beta\sigma} . \overrightarrow{\beta\alpha}$; dans ce cas la probabilité peut s'écrire :

$$\frac{1}{T} \simeq \frac{1}{T_0} |M_A|^2 |M_\rho|^2 2 \varepsilon_0 R \lambda f.$$

b. Pour caractériser une transition β on utilise alors la grandeur $T_0 / |M_\rho|^2$. Dans le cas des transitions permises $\Delta L = 0$ on retrouve le critère de

(8) R. MARSHAK, 75, 1949, p. 513.
(9) R. BOUCHEZ et R. NATAF, *J. Phys. Rad.*, juin 1950, p. 266.
(10) GREULING, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 568.
(11) R. MARSHAK, 61, 1942, p. 431.
(12) R. NATAF, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 532 et 737.

Konopinski ([6]); $T_0/(|M_A|^2|M_\rho|^2) = f_0 T$ et l'on sait que, dans ce cas $(T_0/|M_\rho|^2) \simeq 10^3$. Dans le cas des transitions interdites, on obtient la forme suivante :

1° $\Delta J = 1$, $\Delta L = 2$ (noyaux légers);

$$\frac{T_0}{|M_\rho|^2} \simeq |M_A|^2 T f_0 \frac{1-\gamma_0}{2} \varepsilon_0^2 R^2 \lambda^2 \quad \text{et l'on trouve} \quad \frac{T_0}{|M_\rho|^2} \simeq 10^3 \text{ si } \lambda^2 \simeq 10;$$

2° $\Delta J = 1, 0$; $\Delta L = 1$;

$$\text{interaction } \beta\vec{\sigma} : \frac{T_0}{|M_\rho|^2} = |M_A|^2 T f_0 \frac{1-\gamma_0}{1+\gamma_0}; \qquad \text{interaction } \beta\vec{\alpha} : \frac{T_0}{|M_\rho|^2} = |M_A|^2 T f_0 \varepsilon_0^2 R^2 \lambda^2.$$

3° $\Delta J > 1$, $\Delta L \geq 1$;

$$\frac{T_0}{|M_\rho|^2} \simeq |M_A|^2 f T.$$

On a calculé dans le cas de transition pour $Z \leq 30$ la valeur de $T_0/|M_\rho|^2$ et l'on a obtenu un résultat analogue au cas des transitions permises $(T_0/|M_\rho|^2) \simeq 10^3$ à 10^4.

L'identification de la classe d'une transition β peut donc s'effectuer à l'aide de cette grandeur qui généralise le critère de Konopinski. La valeur de $T_0/|M_\rho|^2$ est de l'ordre de 10^3 pour les noyaux légers quel que soit le type de la transition étudiée. Une étude systématique des transitions β est en cours en utilisant le modèle quasi atomique et les remarques de cette Note.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une mesure de l'énergie de désintégration du* Be^8 *par l'examen de certaines branches d'étoiles cosmiques.* Note (*) de M. **Jean Crussard**, transmise par M. Louis Leprince-Ringuet.

Les observations décrites ci-dessous ont été faites sur des plaques photographiques Ilford, à émulsion épaisse de 200^μ, qui ont été envoyées au moyen de ballons-sondes à des altitudes comprises entre 20000 et 30000^m.

On remarque parfois dans les étoiles cosmiques deux branches voisines l'une de l'autre, ayant l'aspect de trajectoires de particules α d'énergie modérée (10 à 20 MeV).

Attribuer ce phénomène à la décomposition en vol d'un Be^8 émis par le noyau, suivant la réaction connue $Be^8 \rightarrow 2He^4$, est une idée naturelle. Avec une vitesse de l'ordre de 10^9 cm/sec correspondant aux énergies des particules en question, un Be^8, dont la vie moyenne est estimée à environ 10^{-16} sec dans l'état fondamental ([1]), franchirait avant sa décomposition une distance de l'ordre de 10^{-7} cm, trop faible pour être observée, mais suffisante pour lui permettre de sortir largement de la zone d'influence du noyau.

(*) Séance du 3 juillet 1950.

([1]) Wheeler, *Physical Review*, 59, 1941, p. 27.

Lorsque les deux particules α s'arrêtent dans l'émulsion, on peut déduire de leur vitesse initiale et de leur angle au départ θ l'énergie des deux α dans le système de leur centre de gravité, c'est-à-dire l'énergie Q dégagée au cours de la réaction supposée $Be^8 \rightarrow 2He^4 + Q$.

Si E_1 et E_2 sont les énergies cinétiques des α dans le système de la plaque, on a, dans le domaine non relativiste qui nous occupe,

$$Q = \frac{E_1 + E_2}{2} - \sqrt{E_1 E_2} \cos\theta.$$

C'est surtout la difficulté de la mesure exacte de θ qui limite la précision. L'erreur a été appréciée dans chaque cas, compte tenu de ses diverses causes : scattering, épaisseur des traces, relative imprécision des mesures en profondeur, erreur sur la mesure de la longueur des trajectoires, etc.

Les résultats sont les suivants, sur environ 3000 étoiles examinées :

16 paires sont groupées dans une bande relativement étroite un peu au-dessous de Q = 100 KeV. Elles comprennent :

1° Six mesures favorables, sur des trajectoires dont l'aspect correspond nettement à des particules α (les six premières du tableau ci-dessous).

2° Dix cas où les trajectoires, souvent plus courtes, ont encore l'aspect de α, mais avec un certain doute (les dix dernières lignes du tableau).

Longueur des trajectoires (μ).	θ.	Q (keV).	Limites inférieure et supérieure de Q (keV).	Énergie cinétique du Be^8 (MeV).	Observations.
226 et 215	4° 35′	76	63- 90	45,7	Plaque G_5
118 91	5	94	80-114	29,7	»
174 152	5 10	91	74-112	38,1	»
107 77	2 45	77	66- 88	27,5	»
112 77	2 50	92	70-118	27,9	»
112 87	5 5	89	81- 99	27,1	Plaque C_2
104 85	4 20	63	37- 93	28	Plaque G_5
86 68	4 30	68	42-100	24,9	»
222 202	4 45	86	57-119	44,5	»
92 76	5 50	89	51-140	26,1	»
60 60	6 20	66	36-102	21,5	»
81 67	6 30	97	50-160	24,5	»
58 47	6 10	79	53-125	20	»
89 82	6 10	82	57-128	26,3	»
104 87	6 10	100	60-150	28,1	»
56 50	7 10	85	45-140	20	»

Autour de cette bande, les paires sont beaucoup plus rares : une seule dans l'intervalle 0-63 keV, et seulement trois dans l'intervalle 100-500 keV.

La netteté de cette bande montre qu'il s'agit bien le plus souvent de noyaux

de Be^8 émis dans l'état fondamental, dont l'énergie de désintégration est connue pour être voisine de 100 keV.

En faisant une moyenne des résultats du tableau ci-dessus (pondérée suivant le plus ou moins de précision et de sécurité des mesures), et en admettant une erreur possible égale à celle de la meilleure mesure, on obtient

$$Q = 85 \pm 9 \text{ keV}.$$

Cette valeur est à rapprocher de celles trouvées par Hemmendinger ([2]), au moyen de la réaction $Be^9 + \gamma \rightarrow Be^8 + n$ (103 ± 10 keV), et par Tollestrup, Fowler et Lauritsen ([3]) par la réaction $Be^9 + H^1 \rightarrow Be^8 + H^2$ (89 ± 5 keV).

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation des ferrites de lithium.* Note de MM. **Robert Collongues** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On connaît deux ferrites de lithium. L'un a pour formule $FeLiO_2$ ou (Fe_2O_3, Li_2O); il a déjà été préparé par Posnjak et Barth ([1]) par action de la lithine ou du carbonate de lithium sur le sesquioxyde de fer. L'autre a pour formule Fe_5LiO_8 ou ($5\,Fe_2O_3$, Li_2O); il a été obtenu par Hoffmann ([2]) par action de quatre molécules de sesquioxyde de fer sur une molécule du ferrite précédent.

Nos expériences montrent que ces deux ferrites sont en réalité les solutions solides limites qui dérivent l'une du protoxyde de fer FeO, l'autre de la magnétite Fe_3O_4, par suite d'un même processus de substitution. On peut en effet remplacer dans ces deux oxydes deux ions ferreux par un ion ferrique et un ion lithium, et dans ces conditions, l'équilibre entre les charges électriques est réalisé.

Après cette substitution, la première phase aura comme formule générale $Fe_{2-x}Li_xO_2$ dont la limite, pour $x = 1$, est précisément le premier ferrite $FeLiO_2$. La seconde phase sera une magnétite substituée de formule générale $Fe_{6-x}Li_xO_8$, ce qui donne pour $x = 1$, le second ferrite Fe_5LiO_8. Nous avons envisagé de préparer ces composés d'une manière plus rigoureuse que les auteurs précédents. Nous chauffons simplement vers 700° dans une nacelle de nickel et en atmosphère inerte (azote) des mélanges de sesquioxyde de fer pur et d'oxyde de lithium.

([2]) *Physical Review*, **75**, 1949, p. 1267; **73**, 1948, p. 806.
([3]) *Physical Review*, **76**, 1949, p. 428.

([1]) *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 2234-39.
([2]) *Die Naturwissenchaften*, **26**, 1938, p. 431.

Les mélanges compris entre $8Fe_2O_3 + Li_2O$ et $5Fe_2O_3 + Li_2O$ donnent après chauffage deux phases, l'une rhomboédrique constituée par $Fe_2O_3\alpha$, l'autre cubique ayant sensiblement le même diagramme que la magnétite; les raies sont simplement déplacées vers les grands angles par suite d'une diminution des dimensions de la maille (*fig.* 1). On peut obtenir le second

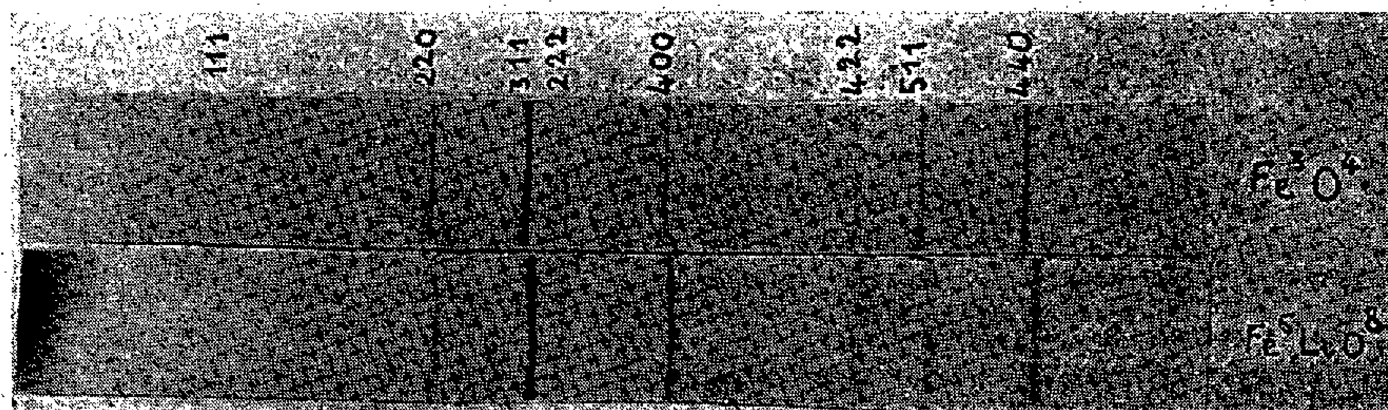


Fig. 1. — Diagrammes X, rayonnement K_α du cobalt de la magnétite Fe_3O_4 et du ferrite Fe_5LiO_8.

ferrite pur par chauffage du mélange $5Fe_2O_3 + Li_2O$. Nous avons déterminé le paramètre *a* de ce composé qui est égal à 8,314 Å, et nous avons déterminé son point de Curie qui est 620° ± 2°. On peut du reste préparer toutes les magnétites substituées intermédiaires par chauffage en proportions variables, dans un gaz inerte, de magnétite Fe_3O_4 et de ferrite Fe_5LiO_8.

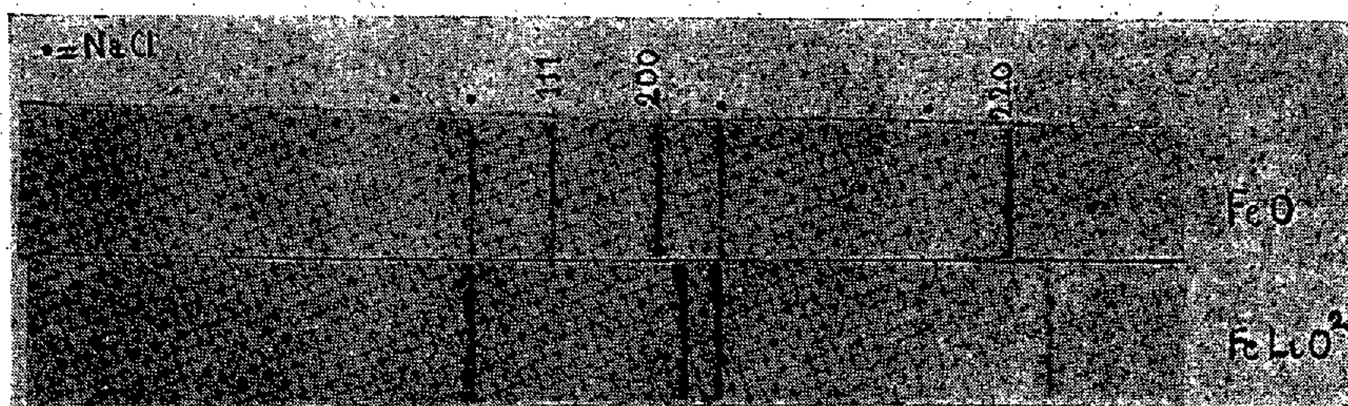


Fig. 2. — Diagramme X, rayonnement K_α du cobalt, du protoxyde de fer et du ferrite $FeLiO_2$. Les raies étalons du ClNa sont marquées par un point.

Si l'on étudie des mélanges plus riches en Li_2O, on observe l'apparition d'une nouvelle phase cubique; certaines raies du composé Fe_5LiO_8, par exemple 222, 400, 440 se trouvent élargies *dès* les plus faibles additions d'oxyde de lithium. Si l'on atteint la composition $Fe_2O_3 + Li_2O$, il ne subsiste qu'une seule phase ayant sensiblement le même diagramme que le protoxyde de fer FeO (type NaCl) (*fig.* 2). C'est le premier ferrite $FeLiO_2$. Les solutions solides intermédiaires peuvent également être préparées par chauffage

à 850° des mélanges de FeO et de $FeLiO_2$. Le ferrite obtenu est trempé de 850° à la température ordinaire; il est alors paramagnétique comme le

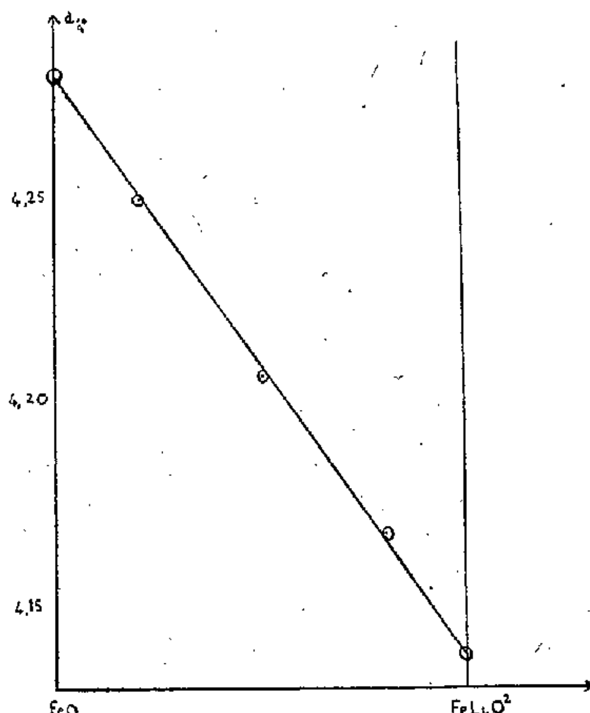


Fig. 3. — Variation du paramètre de la solution solide Fe O — Fe Li O_2.

protoxyde de fer FeO. Le paramètre de ces solutions solides décroît linéairement depuis $a = 4,280$ Å pour FeO jusqu'à 4,138 Å pour $FeLiO^2$ (*fig.* 3).

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur la structure chimique entraînant l'effet désactiveur.* Note (*) de MM. **Jean Le Bras** et **Jacques Le Foll**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'un de nous a antérieurement ([1]) mis en évidence l'existence d'un effet désactiveur pour la protection du caoutchouc vulcanisé contre la détérioration par l'oxygène; cet effet a été observé pour des corps tels que le mercaptobenzimidazole (I), le mercaptobenzoxazole, l'éthylène-*bis* (N, N'-phénylthiourée) (II), et son apparition semblait donc liée à la présence dans la molécule d'un groupe thiol uni à un atome d'azote de telle sorte que la tautomérie possible entre les formes thione et thiol (III) soit vraisemblablement déplacée vers cette dernière ([2]).

Nous avons complété ces premiers résultats par une étude plus systématique, en examinant l'influence de la cyclisation, celle de la nature du cycle et celle des hétéro-atomes.

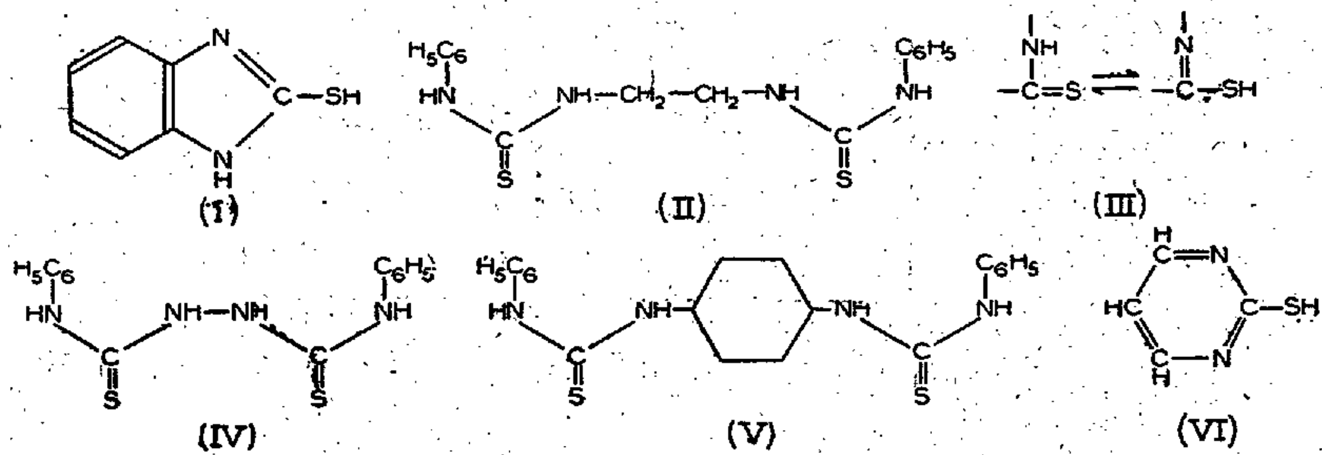
1° Dans la série aliphatique, la thiourée présente un effet désactiveur assez

(*) Séance du 5 juin 1950.

([1]) J. Le Bras, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p, 297; *Rev. Gén. Caout.*, **21**, 1944, p. 3.

([2]) J. Le Bras et R. Hildenbrand, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 724; R. Hildenbrand, *Thèse*, Paris, 1946 et *Rev. Gén. Caout.* **24**, 1947, p. 436.

accentué, qui s'amoindrit quand on passe à la monophénylthiourée et disparaît dans le cas de la N, N'-diphénylthiourée. Les substitutions sur l'azote orientent donc probablement la structure vers la forme thione; la nature de ces substitutions influe par ailleurs sur le déplacement d'équilibre, puisque la *bis* (N-phénylthiocarbamoyl)-hydrazine (IV) ou l'éthylène-*bis* (N, N'-phénylthiourée) se comportent comme désactiveurs alors que la *p*-phénylène-*bis* (N, N'-phénylthiourée) (V) ou la *m*-phénylène-*bis* (N, N'-phénylthiourée) n'ont aucune action.



Parmi les thioacides essayés : acides monothiobenzoïque, dithiobenzoïque et éthylxanthogénique, seul le premier manifeste un faible effet désactiveur, ce qui semble montrer que de telles structures ne sont pas favorables; au contraire, lorsque l'atome de carbone porteur du soufre est lié à un atome d'azote non substitué, comme dans l'acide dithiocarbamique (ou acide thiolthionecarbamique), le pouvoir désactiveur reparaît nettement. Cet acide peut d'ailleurs être également considéré comme un thioamide, et les autres thioamides examinés (thiobenzamide, dithio-oxamide) donnent aussi de bons résultats.

2° Le cycle pentaatomique du mercaptobenzimidazole ou du mercaptoimidazole ([2]) s'étant avéré favorable, nous avons recherché si une structure hexaatomique conviendrait aussi bien. Nous avons donc examiné divers dérivés de la thiol-2-pyrimidine (VI) (thiol-2-diméthyl-4.6-pyrimidine, thiol-2-dihydroxy-4.6-pyrimidine, trithiol-2.4.6-pyrimidine) : chacun de ces corps présente, en fait, un effet désactiveur, beaucoup moins prononcé cependant que celui des dérivés à cycle pentaatomique.

3° Dans la série cyclique, on a vu que l'effet désactiveur apparaît nettement pour des structures dans lesquelles le carbone porteur de la fonction thiol se trouve soit entre deux atomes d'azote, soit entre un atome d'azote et un atome d'oxygène; si, maintenant, on s'adresse à des produits possédant des structures telles que celles de la thiol-2-pyridine, du thiophénol ou du β-thionaphtol, on constate qu'ils ne conduisent pratiquement à aucune protection.

En conclusion, on peut dire que, si divers corps de la série aliphatique possèdent un effet désactiveur, ils sont doués, dans l'ensemble, d'une activité

protectrice inférieure à celles des désactiveurs cycliques; en conséquence, si la structure cyclique n'est pas indispensable, elle est cependant favorable. Quant à la nature du cycle, elle doit être de préférence pentaatomique et la structure la plus active est alors celle dans laquelle le carbone porteur de la fonction thiol se trouve entre deux atomes d'azote ou un atome d'azote et un atome d'oxygène.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de l'hydrogène sur l'élasticité et l'inélasticité du fer et de l'acier.* Note de MM. **Paul Bastien** et **Pierre Azou**, présentée par M. Albert Portevin.

L'hydrogène introduit par électrolyse ou attaque à l'acide dans le fer et l'acier extra-doux provoque une baisse importante des caractéristiques de capacité de déformation du métal, l'allongement de rupture et la striction passant, par exemple, pour 0,15 de carbone et à l'état recuit, respectivement de 36 à 28 % et de 74 à 57 %. Par séjour prolongé à la température ambiante, dans un milieu favorisant la désorption, le métal retrouve d'ailleurs la totalité ou la quasi-totalité de ses caractéristiques initiales.

Il était intéressant de rechercher l'influence de l'hydrogène sur le fer dans le domaine des propriétés mettant en jeu l'élasticité du métal ou les écarts de celle-ci vis-à-vis de l'état théorique. Dès les premiers essais, il est apparu que cette influence était faible et qu'il était nécessaire d'opérer par voie statistique pour avoir des résultats significatifs.

Module d'élasticité. — Les résultats obtenus au pendule Le Rolland et Sorin sur 48 essais dans chaque cas, ont mis en évidence, quelles que soient la teneur en carbone ($0,07 < C < 0,18$ %) et la modalité du recuit (entre 650 et 950°), des influences concordantes; les variations du module d'Young sont, par exemple, pour un module d'élasticité initial de 21 505 ± 45 kg/mm² :

	Chargement électrolytique. ΔE kg/mm².	Chargement par attaque à l'acide. ΔE kg/mm².
C = 0,12 %; recuit 6 heures à 650°.		
Baisse par chargement de 48 heures dans HCl 10 %.	−417	−396
Remontée ultérieure par séjour, après chargement, de 1000 heures à 15°C dans le mercure	+113	+138
C = 0,12 %; recuit 10 minutes à 950°.		
Baisse par chargement de 48 heures dans HCl 10 %.	−225	−170
Remontée ultérieure par séjour, après chargement, de 1000 heures à 15°C dans le mercure.	+200	+ 20 (1)

(1) Dans ce cas, la désorption de l'hydrogène a été incomplète à la température ambiante, mais à 50° elle est devenue importante et la remontée ΔE a été de + 170 kg/mm².

A l'élasticimètre Cabarat, qui met en jeu de très faibles déformations élastiques, on a obtenu, sur un acier à 0,18 % de carbone, recuit donnant un module initial de 21 380 ± 45 kg/mm² :

Chargement électrolytique de 48 heures dans HCl, 10 %, ΔE kg/mm²	—53
» par attaque à l'acide de 48 heures dans HCl, 10 %, ΔE kg/mm² ..	—53

Capacité d'amortissement. — Mesurée au pendule de Coulomb avec une amplitude angulaire initiale d'oscillation de 1/100° de radiant, la capacité d'amortissement calculée par extrapolation pour l'amplitude nulle, varie par exemple comme suit :

État.	Capacité d'amortissement.
État initial	$0,00022 \pm 1.10^{-5}$
Chargement électrolytique de 48 heures	0,00063
Séjour ultérieur de 1 000 heures à 18°C dans le mercure	0,00030
Séjour de 500 heures à 50°C	0,00020

Les valeurs à l'élasticimètre Cabarat sont :

État.	Capacité d'amortissement.
État initial	$0,00025 \pm 0,3.10^{-4}$
Chargement électrolytique de 48 heures	0,00027
Chargement à l'acide de 48 heures	0,00029

De l'ensemble très cohérent des résultats obtenus, on peut dégager les résultats suivants : l'influence de l'hydrogène sur les propriétés élastiques et inélastiques du fer est, dans l'ensemble, faible et du second ordre vis-à-vis de l'action de ce gaz sur les caractéristiques de déformation plastique à la rupture : l'hydrogène abaisse légèrement le module d'élasticité et accroît faiblement la capacité d'amortissement du fer et de l'acier extra-doux. Ces influences sont d'autant moins marquées que l'essai utilisé pour caractériser la propriété étudiée met en jeu des déformations élastiques plus faibles et paraissent devoir s'annuler d'autant plus complètement que l'ensemble des cristaux de ferrite travaille plus parfaitement dans le domaine élastique.

MÉTALLURGIE. — *Deux nouveaux procédés de durcissement et précontrainte superficiels par carbonitruration de pièces d'acier.* Note (*) de MM. **Jacques Pomey, François Goutel, André Veragen** et **René Le Roux**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Ces deux procédés de traitement comportent le maintien entre la température A_1 de l'eutectoïde fer-carbone et les températures plus basses d'équilibres réversibles des alliages fer-carbone-azote. Dans cet intervalle, le cœur est à l'état α stable à froid, alors que les couches superficielles sont à l'état γ apte à la trempe martensitique. Le cœur peut être à l'état γ ou à l'état α pendant la carbonitruration.

Dans une précédente Note (1) nous avons montré que le traitement

(*) Séance du 26 juin 1950.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 96-97.

rationnel des pièces cémentées pour développer convenablement la dureté superficielle et l'état de précontrainte le plus avantageux, sans déformation de la pièce, devait comporter d'abord la transformation homogène du cœur, puis, ensuite seulement, la formation de martensite dans les couches superficielles. Pour obtenir ce traitement différentiel, nous avons alors fait appel à des *considérations de cinétique*, c'est-à-dire à la différence des vitesses de décomposition de l'austénite du cœur et de la couche cémentée enrichie en carbone et en azote.

Dans la présente Note, nous signalons deux procédés nouveaux dans lesquels nous faisons au contraire appel à des *considérations d'équilibre*, à savoir la différence des températures de transformation réversible du cœur et de la couche carbonitrurée. Nous avons, en effet, montré dans une précédente Note ([2]) que, dans une large étendue de composition des alliages fer-carbone-azote, la transformation d'équilibre réversible de l'austénite en cémentite et nitrure Fe_4N se produit entièrement en dessous de 640° à 700°, c'est-à-dire nettement au-dessous du point $A_1 = 725°$ de la transformation eutectoïde fer-carbone. C'est ce *domaine intermédiaire de température* que nous avons mis à profit dans les deux nouveaux procédés.

Dans le premier, l'acier est porté à l'état γ, c'est-à-dire au-dessus de la température de fin de transformation à l'échauffement pour permettre la fixation et la diffusion simultanée du carbone et de l'azote dans l'austénite. Ensuite, la pièce est refroidie rapidement à une *température intermédiaire* de l'ordre de 700° pendant le temps voulu pour que le cœur reprenne l'état stable à froid (perlite lamellaire ou troostite), alors que la couche carbonitrurée reste à l'état austénitique stable à cette température; puis, enfin, la pièce est trempée et refroidie à très basse température pour transformer les couches superficielles en martensite avec développement de la dureté et des contraintes résiduelles de compression, sans déformation de la pièce dont le cœur ne subit plus de changement.

Dans le deuxième procédé, la cémentation a lieu dans le *domaine intermédiaire* précédemment défini, de telle sorte que le cœur de la pièce reste à l'état α stable à froid, alors que seules les couches superficielles prennent l'état γ par carbonitruration. L'étude par micrographie, diffraction X, dureté et analyse chimique par tranches, permet de reconstituer le mécanisme de cette diffusion à partir de la surface. Nous supposons, par exemple, le cas d'un acier mi-dur recuit, où la structure est constituée d'ilots de perlite entourés de ferrite. A cœur, on constate seulement une légère coalescence de la perlite. En surface, au début, l'azote se dissout dans la ferrite et diffuse seul; lorsque la concentration est devenue suffisante, les ilots de perlite se transforment en austénite, puis ils se développent aux dépens de la ferrite;

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2298.

et lorsqu'en surface l'austénite constitue un milieu continu, le carbone se fixe et diffuse. Par trempe ultérieure, éventuellement suivie de refroidissement en dessous de la température ambiante, l'austénite se transforme en martensite avec accroissement de dureté et développement de contraintes en compression dans les couches superficielles.

Pour arriver à un résultat correct, il faut bien entendu que l'action nitrurante du gaz soit assez modérée tant pour éviter que l'austénite reste stable même aux plus basses températures que pour éviter la formation en surface de nitrure libre isomorphe de Fe_2N qui donnerait une couche crevassée et friable sans ténacité ni contraintes.

Par suite du rôle essentiel de l'azote, ces deux procédés s'appliquent à des aciers ordinaires ou spéciaux de toutes teneurs en carbone depuis l'acier extra-doux jusqu'aux aciers extra-durs et aux fontes; dans ce dernier cas, il faut que le graphite soit nodulaire et non lamellaire pour permettre la diffusion de l'azote. L'épaisseur durcie est réglable à volonté par les lois de la diffusion, les contraintes et la dureté n'étant développées qu'après cémentation. En raison à la fois de la basse température de carbonitruration et des basses températures de Ar''' dans la couche carbonitrurée, la structure de la martensite est toujours extrêmement fine.

En surface, la dureté Vickers atteint 1 100 kg/mm^2 et les contraintes de compression plane 100 kg/mm^2, valeur calculée d'après les mesures de dureté hertzienne ([3]), même si l'épaisseur de la couche purement martensique n'est que de $0^{mm},2$. La couche martensique se radoucit peu par revenu, d'où la bonne résistance à l'usure.

En raison de la douceur des réactions superficielles, l'état microgéométrique de la surface est conservé; on ne constate que des colorations de lames minces. Par suite de la température modérée et du fait que le cœur est à l'état stable à froid, les déformations de trempe sont extrêmement réduites tout en développant le meilleur état de précontrainte.

Par l'ensemble de leurs propriétés, ces procédés de traitement constituent deux intermédiaires entre la cémentation au carbone à haute température suivie de trempe vive et la nitruration à basse température des aciers au chrome ou à l'aluminium suivie de refroidissement lent. Grâce à leurs propriétés remarquables nous avons mis au point ces procédés à l'échelle industrielle et nous les appliquons dans le cas de pièces, telles que les crémaillères, où par suite de la dissymétrie et des variations d'épaisseur, les autres procédés de cémentation et trempe auraient entraîné des déformations inadmissibles.

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1565-1567.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le nonanetriol symétrique*. Note de MM. **Olivier Riobé** et **Gabriel Geeraert**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'existence de deux fonctions alcool primaires, disposées symétriquement par rapport à une fonction alcool secondaire est sans doute une des principales caractéristiques du glycérol, au point de considérer les homologues de celui-ci comme répondant à la formule générale

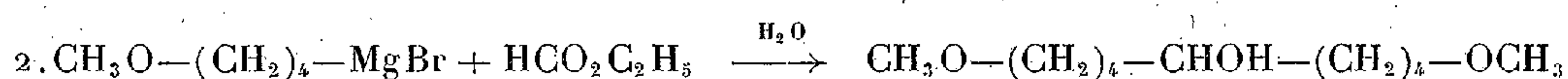


$$HO-(CH_2)_n-CHOH-(CH_2)_n-OH.$$

Jusqu'ici, on a décrit les deux premiers homologues. Blanchard et Paul (¹) ont étudié le pentanetriol-1.3.5; Hamonet (²), en préparant l'heptanetriol-1.4.7, a montré qu'il permet d'obtenir, en raison de sa structure, des dérivés hétérocycliques pentagonaux fort intéressants. C'est pourquoi, nous avons commencé l'étude du nonanetriol-1.5.9, qui logiquement doit permettre d'atteindre certains dérivés hétérocycliques hexagonaux difficiles à préparer par d'autres voies.

Le point de départ de cette synthèse, analogue à celle de l'heptanetriol-1.4.7, est l'éther γ-bromé $Br-(CH_2)_4-OR$, qu'on peut obtenir sans trop de difficultés à partir du butanediol-1.4. Celui-ci est transformé en dibromo-1.4 butane (Rdt 92 %) qu'on fait réagir en proportions stœchiométriques, pour éviter la formation de dérivé diméthoxylé (³), sur un alcoolate alcalin à la température ordinaire. On obtient ainsi avec un rendement de 50 % :
le bromo-1 méthoxy-4 butane $C_5H_{11}OBr$ ($É_{17}$ 52°; d_4^{24} 1,318; n_D^{24} 1,4528) et le bromo-1 éthoxy-4 butane $C_6H_{13}OBr$ ($É_{18}$ 63°; $d_4^{11,5}$ 1,218; $n_D^{11,5}$ 1,4320).

En condensant le dérivé magnésien du bromo-1 méthoxy-4 butane par exemple, avec le formiate d'éthyle, nous avons obtenu, avec un rendement de 65 %, le diméthoxy-1.9 nonanol-5 $C_{11}H_{24}O_3$, bouillant à 160° sous 17^{mm} (d_4^{26} 0,936, n_D^{26} 1,4412; C % 64,60; H % 12,2)



$$2.CH_3O-(CH_2)_4-MgBr + HCO_2C_2H_5 \xrightarrow{H_2O} CH_3O-(CH_2)_4-CHOH-(CH_2)_4-OCH_3$$

Pour cette réaction, nous n'avons pu employer le bromo-1 phénoxy-4 butane (F 39°) bien plus facile à obtenir à partir du dibromobutane (Rdt 65 %), mais dont le dérivé organomagnésien n'a pu être formé.

Dans le diméthoxynonanol, la fonction alcool est très peu réactive, comme nous le montrerons plus tard. Elle réagit très difficilement sur l'anhydride acétique et même sur les halogénures de phosphore.

Traité par un courant de gaz bromhydrique à 120° pendant 10 heures le

(¹) *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1414.
(²) *Ann. de Chimie*, **10**, 1918, p. 5.
(³) Dionneau, *Ann. de Chimie*, **3**, 1915, p. 247.

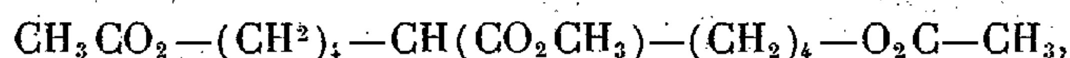
diméthoxynonanol conduit au tribromo-1.5.9, nonane $C_9H_{17}Br_3$



$Br-(CH_2)_4-CHBr-(CH_2)_4-Br$

bouillant à 172-173° sous 3mm (d_4^{19} 1,703; n_D^{19} 1,5350; C % 29,40; H 4,70; Br % 65,95).

Celui-ci, est facilement transformé par $CH_3CO_2K+(CH_3CO)_2O$ à 140° pendant 10 heures en triester acétique



$CH_3CO_2-(CH^2)_4-CH(CO_2CH_3)-(CH_2)_4-O_2C-CH_3$,

liquide peu mobile, bouillant à 191° sous 7mm (d_4^{12} 1,058; n_D^{12} 1,4471; CH_3CO_2 % 58,58).

En chauffant pendant cinq heures ce triester avec la baryte hydratée, en léger excès, on obtient le nonanetriol-1.5.9 $C_9H_{20}O_3$, liquide incolore extrêmement visqueux et très soluble dans l'eau :



$HOCH_2-(CH_2)_3-CHOH-(CH_2)_3-CH_2OH$

($É_{13}$ 211°; d_4^{12} 1,012; n_D^{12} 1,4716; C % 61,60; H % 11,35.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Structure de la corynanthéine cristallisée.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot** et **Robert Goutarel**, présentée par M. Paul Lebeau.

La corynanthéine cristallisée (1) $C_{22}H_{26}O_3N_2$, forme β anhydre F 169° (2) est un alcaloïde diméthoxylé. Sa déshydrogénation sélénique conduit d'une part à la coryline (3) $C_{19}H_{22}N_2$, F 107°, dont la constitution établie par Karrer et Enslin (4) sous le nom de corynanthyrine, identique à l'alstyrine (5) en fait l'α (α-diéthyl-3-4 pyridine) β-éthyl indol et d'autre part à une *déséthylcoryline* isolée sous forme de chlorhydrate $C_{17}H_{18}N_2ClH$; F 148-150° (trouvé %, C 71,2; H 6,6; N 9,8; Cl 12,4; calculé %, C 71,19; H 6,67; N 9,77; Cl 12,37) et de picrate $C_{17}H_{18}N_2$, $C_6H_3O_7N_3$; F 151-152° (trouvé %, C 57,8; 57,8 H 4,5; 4,3 N 14,6; calculé %, C 57,6; H 4,41; N 14,6).

La saponification par KOH*n* alcoolique donne l'*acide corynanthéique « gauche »*, F 205°; $(\alpha)_D$ −14° (méthanol 1 %) $C_{21}H_{24}O_3N_2$, C_2H_5OH (trouvé %, C 69,5; 69,8 H 7,4; 7,5 N 7,4; calculé %, C 69,31; H 7,36; N 7,03). Cet acide, par décarboxylation sur chaux sodée, engendre la *décar-*

(1) M.-M. Janot et R. Goutarel, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1183-1185.

(2) *Ann. pharm. fr.*, 7, 1949, p. 648 et M.-M. Janot, R. Goutarel, P. Karrer et P. Enslin, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 101.

(3) M.-M. Janot et R. Goutarel, *XIe Congr. int. Chim. pure et appl.*, Londres, 1947.

(4) *Helv. Chim. Acta*, 32, 1949, p. 1390.

(5) P. Karrer et P. Enslin, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 100.

boxycorynanthéine F 102° $(\alpha)_D$ — 33° (py, 1 %), $C_{20}H_{24}ON_2CH_3OH$ (trouvé %, C 74,35; 73,9 H 8,2; 8,1 N 8,24; 8,26; calculé %, C 74,08; H 8,29; N 8,23; trouvé %, 1 OCH_3, perte % de poids à 100°; trouvé %, 9,4; calculé %, 9,4). Traitée à 60-70° par ClH 0,5 *n*, la décarboxycorynanthéine fournit la *corynanthéone* F 230°; $(\alpha)_D$ — 48°,5 (pyridine) $C_{19}H_{22}ON_2$ (trouvé %, C 77,2; 77,2 H 7,5; 7,6 N 9,3; 9,4 O 5,3; calculé %, C 77,5; H 7,53; N 9,5; O 5,4).

Si l'on traite l'acide corynanthéique *gauche* par ClH 0,1 *n* à 60-70°, on obtient la même corynanthéone et de plus l'*acide corynanthéique « droit »*, F 209-210°; $(\alpha)_D$ + 14° (CH_3OH) $C_{21}H_{24}O_3N_2$; (trouvé %, C 71,2; 71,2 H 7,1; 7,0; N 7,7; 7,8; O 13,7; calculé %, C 71,5; H 6,86; N 7,9; O 13,7). Ce dernier acide, par une action prolongée de ClH 0,5 *n* à 60-70°, conduit lui aussi à la corynanthéone. La décarboxylation sur chaux sodée de l'acide corynanthéique *droit* aboutit à une *néodécarboxycorynanthéine* qui par action de ClH 0,5 *n* à 60-70° donne également la corynanthéone.

Réduite par la méthode de Wolff-Kishner, la corynanthéone se transforme en *corynanthéane* F 180°; $(\alpha)_D$ — 100° (py), $C_{19}H_{24}N_2$ (trouvé %, C 81,6; H 8,6; N 10,2; calculé %, C 81,38; H 8,63; N 9,99).

Enfin la déshydrogénation sélénique tant de la corynanthéone que du corynanthéane aboutit à l'alstyrine (coryline).

Il résulte de ces faits que :

1° l'obtention de la corynanthéone à partir de la décarboxycorynanthéine montre que le radical métoxyl dans cette molécule est sous forme d'éther méthylique d'une cétone sous forme énolique dont l'hydrolyse par ClH dilué conduit à la cétone.

2° la facile décarboxylation en milieu ClH dilué des acides corynanthéiques est celle d'un acide β-cétonique intermédiaire, c'est-à-dire que le radical — $COOCH_3$ est en β du méthoxyl-énol.

3° l'absorption importante vers 250 mμ que l'on observe dans le spectre U.V. de la corynanthéine [6] et de l'acide corynanthéique gauche, absorption qui disparaît pour donner le spectre du chromophore indolique lorsqu'on élimine le carbométhoxyl (corynanthéone, corynanthéane, décarboxycorynanthéine) montre que dans la corynanthéine cristallisée, — COO CH_3 est sans doute conjugué à la double liaison, et que la modification du spectre indolique observée pour cet alcaloïde est due à un chromophore supplémentaire du type (R) (CH_3O) C = C($COOCH_3$) (R'), non conjugué à l'indol.

4° la non-obtention de la tétrabyrine et de la yobyrine, lors de la déshydrogénation sélénique de la corynanthéone et du corynanthéane démontre que les cinq cycles de la yohimbine n'existent pas dans ces dérivés et que par consé-

---

[6] M.-M. JANOT et R. GOUTAREL, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 360-362.

quent ils ne sont pas respectivement des stéréoisomères de la yohimbone et du yohimbane et que dans ces conditions la corynanthéine cristallisée possède un squelette hétérocyclique différent de celui de la yohimbine et dès lors de celui proposé très récemment ([7]). La formation de l'alstyrine est indépendante de la double liaison et la présence des trois radicaux C_2H_5 (s'ils ne préexistent pas) est vraisemblablement due à une rupture de liaison entre C et N. Signalons à ce sujet l'obtention de diéthyl-3.4 pyridine par déshydrogénation de vinyl- ou d'éthyl-quinuclidine.

Conclusion. — La présence d'un groupement ethérméthylique énolique dans la corynanthéine cristallisée ([7]) est confirmée par l'obtention de la corynanthéone $C_{19}H_{22}ON_2$, F 230°, $(\alpha)_D - 48°,5$ (pyridine). Le groupement $-COOCH_3$ est en β du groupement $-OCH_3$ et conjugué de la double liaison énolique. La corynanthéone conduit au corynanthéane $C_{19}H_{24}N_2$, F 180°, $(\alpha)_D - 100°$ (pyridine).

L'obtention de l'alstyrine (coryline ou corynanthyrine) par déshydrogénation sélénique de la corynanthéone et du corynanthéane montre que la corynanthéine cristallisée ne possède pas les cinq cycles fondamentaux de la yohimbine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un dérivé coloré du tripropynylcarbinol.* Note de M. **Michel Siemiatycki**, présentée par M. Paul Pascal.

Cette Note a pour objet d'exposer les résultats positifs obtenus jusqu'ici dans l'étude de la constitution d'une matière colorante rouge, obtenue dès 1932 par M. Prévost ([1]), par ébullition prolongée d'une solution aqueuse diluée et acide de tripropynylcarbinol $(CH_3-C\equiv C)_3COH$ (A), et pour laquelle la structure $(CH_3-COH=CH)_2C=CH-CO-CH_3$ (P) avait été proposée sans preuves.

J'ai tout d'abord constaté que l'action d'un acide sulfurique trop concentré provoque l'apparition de colorants violets plus condensés, celle d'un acide sulfurique trop dilué provoque l'évolution d'une partie importante de A vers des produits bruns amorphes; les conditions optimales de la préparation du colorant rouge sont l'emploi d'un peu plus d'une molécule d'acide sulfurique pour deux molécules de A (comme il résultera d'ailleurs de la suite de cet exposé); de plus, la concentration totale en acide sulfurique libre ne doit pas dépasser 0,15 %, et la température 80°.

Ceci m'a amené à une technique spéciale, que je ne peux décrire ici, pour l'obtention de solutions relativement concentrées en colorant.

([7]) A. Chatterjee et P. Karrer, *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 802-812.

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1082.

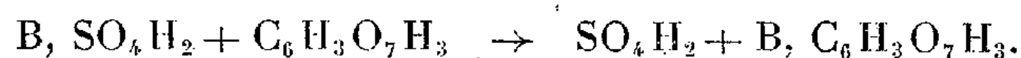
Le problème de l'extraction est extrêmement difficile, comme M. Prévost l'avait déjà signalé. En traitant la liqueur par un excès de carbonate de baryum, et en concentrant le filtrat sous pression réduite, on obtient, comme résidu, une matière rouge à reflets mordorés, renfermant du baryum. Ce résidu est repris par l'alcool, ce qui provoque la précipitation de sulfate de baryum; l'alcool est évaporé sous vide et le résidu est repris par l'eau qui ne le dissout que partiellement.

La partie soluble laisse par évaporation un résidu mordoré, hygroscopique et renfermant du soufre (à l'état sulfurique); la partie peu soluble, recristallisée dans l'alcool, laisse des microcristaux rouge brun (B), non fusibles sans décomposition, et répondant approximativement à la composition $C_{20}H_{22}O_3$, soit $(2A + H_2O)$.

Les cristaux peu solubles, le composé très soluble et renfermant de l'acide sulfurique, se comportent de la même façon vis-à-vis des alcalis aqueux qui les décolorent irréversiblement, et vis-à-vis de l'acide picrique qui engendre des cristaux mordorés, presque insolubles dans l'eau froide, et fondant à 155°. La solution alcoolique de ce picrate est rouge; elle se décolore sous l'action d'une goutte de potasse alcoolique, mais la coloration réapparaît sous l'influence d'un acide quelconque.

L'analyse des cristaux fondant à 155° leur assigne la constitution $C_{24}H_{26}O_{10}N_3$, soit $C_6H_3O_7N_3 + C_{20}H_{22}O_3$.

Il s'agit donc d'un picrate du corps B. Celui-ci semble un véritable sel, et non un composé d'addition de structure imprécisée comme ceux que donne volontiers le trinitrophénol avec divers carbures; il semble en effet que, dans l'action de l'acide picrique sur le composé soluble, comme sur le produit brut de l'hydratation de A, il y ait simplement un déplacement d'acide :



$$B,\ SO_4H_2 + C_6H_3O_7H_3 \rightarrow SO_4H_2 + B,\ C_6H_3O_7H_3.$$

La décoloration par les alcalis en milieu anhydre s'expliquerait alors par un changement de constitution de B en milieu basique (existence chez B d'une fonction salifiable ?); la décoloration irréversible en milieu aqueux serait alors la conséquence d'une hydrolyse.

Mais l'action, vue plus haut, du carbonate de baryum impliquerait les réactions :



$$2\,(B,\ SO_4H_2) + CO_3Ba \rightarrow (B,\ SO_4H)_2Ba + CO_2 + H_2O,$$

et, en présence d'alcool :



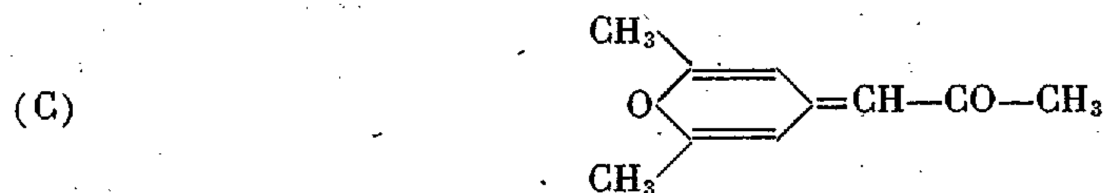
$$(B,\ SO_4H)_2Ba \rightarrow SO_4Ba + B,\ SO_4H_2 + B.$$

Ceci supposerait, entre B et SO_4H_2, une liaison assez solide.

Il est cependant certain que le composé B, rouge en milieu neutre ou sous forme salifiée par un acide, semble présenter un caractère basique.

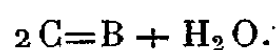
Comme il ne peut renfermer de l'azote, on ne peut guère envisager qu'une

structure permettant la formation d'un ion oxonium, ce qui exclut en particulier la formule P. Le composé pyronoïde



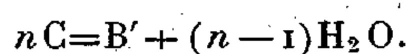
dont la formation à partir de A s'explique simplement par une migration de l'hydroxyle suivie d'une hydratation cyclisante, répond bien à cette condition; mais la base B a pour formule $C_{20}H_{22}O_3$, soit (C + A). Il faut donc, de plus, envisager une union de A à C.

Une façon plausible d'envisager cette addition consiste à considérer B comme un produit de crotonisation de C



$$2\,C = B + H_2O.$$

Cette hypothèse a l'avantage d'expliquer la formation de colorants violets en milieu trop acide; ils résulteraient de crotonisations plus poussées



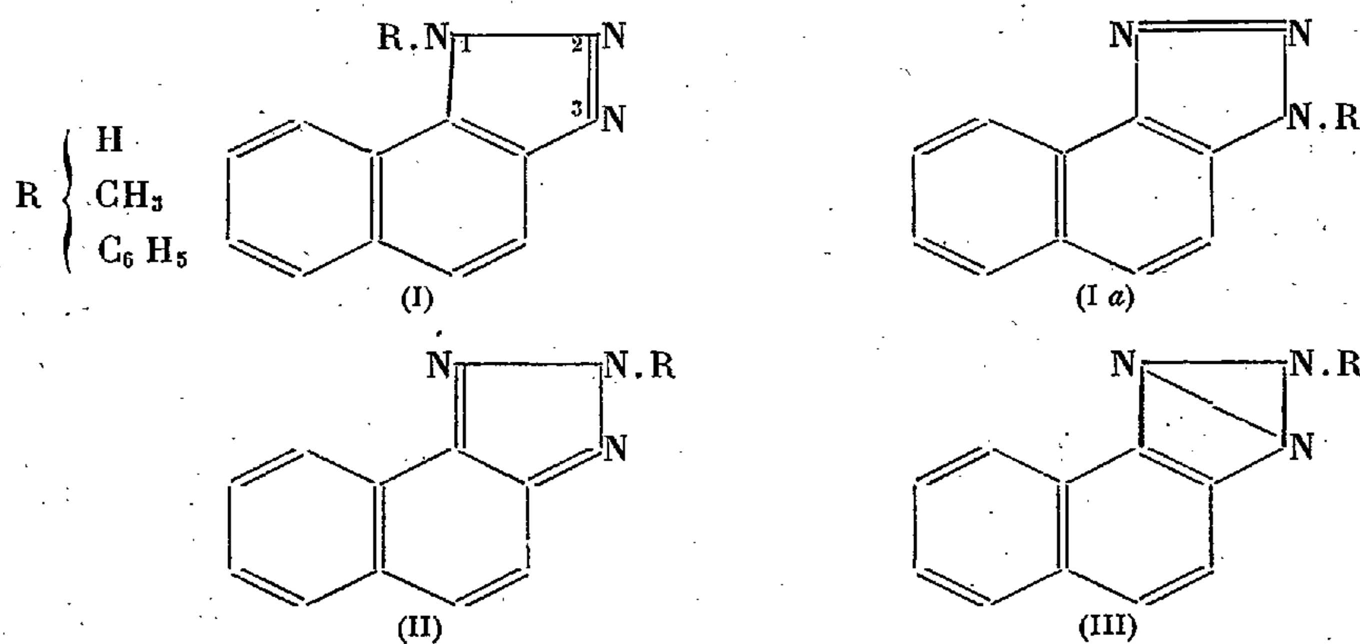
$$n\,C = B' + (n-1)H_2O.$$

Ces crotonisations multiples, augmentant le nombre des liaisons conjuguées, approfondiraient la couleur.

Toute conclusion plus précise serait actuellement prématurée.

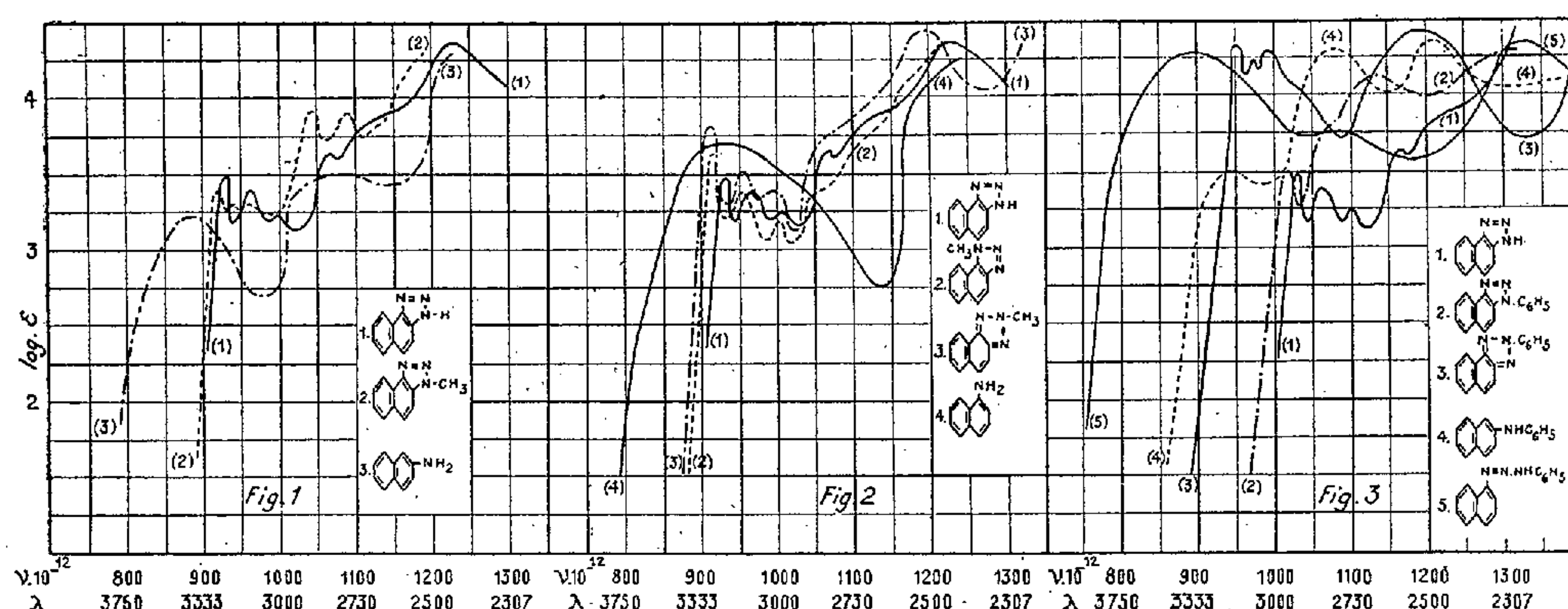
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'absorption de certains hétérocycles de la série naphtalénique* (II). Note de M. **Evanguelos Baltazzi**, tranmise par M. Jacques Tréfouël.

L'étude du naphto 1',2' : 4,5 triazole et de certains de ses dérivés monosubstitués que j'ai entreprise afin, d'une part, de préciser sa structure pour laquelle trois formules peuvent être envisagées (I) et (I_a), (II) et (III) et, d'autre part, de connaître l'influence de la cyclisation sur le *couplage* exercé entre le groupe azo et le reste de la molécule, fera l'objet de cette Note.



Comme il a été déjà fait pour le benzotriazole [1], j'ai comparé le comportement spectral du naphto 1′,2′ : 4,5 triazole à celui de ses dérivés substitués en 1,2 et 3 ainsi que l'absorption de ce même corps en solution neutre, acide et alcaline. La structure benzoïde des dérivés substitués en 1 et 3 est hors de doute; quant au dérivé substitué en 2, on pourrait lui attribuer soit une formule quinoïde (II), soit, ce qui est peu probable, une structure tricyclique (III).

Les composés dont l'absorption se rapproche le plus de celle du naphto 1′,2′:4,5 triazole sont les méthyl-3 (*fig.* 1, courbes 1 et 2) et phényl-3



naphto 1′,2′:4,5 triazoles (*fig.* 3, courbes 1 et 2). La substitution en 2 a pour effet de déplacer le maximum de la bande principale vers les grandes longueurs d'onde (*fig.* 2, courbes 1 et 3; *fig.* 3, courbes 1 et 3). Par ailleurs le dérivé méthylé en 1 (*fig.* 2, courbe 2) se rapproche moins du naphto 1′,2′: 4,5 triazole que le dérivé méthylé en 3. Ces constatations conduisent à penser que, dans les conditions de l'expérience, c'est-à-dire en solution alcoolique, le naphto 1′,2′: 4,5 triazole se trouve surtout sous les formes benzoïdes (I) et (I_a). Il est d'autre part probable que la forme (I_a) est prédominante, étant donné que c'est la courbe du dérivé méthylé en 3 qui se rapproche le plus de celle du naphtotriazole libre.

Si maintenant on mesure l'absorption de ce dernier en milieu alcalin ou acide, on constate que le maximum de la bande principale, qui est commune dans les deux cas, se trouve déplacé vers le visible. Cependant l'allure générale de la courbe est plus voisine en milieu alcalin de celle du dérivé méthylé en 2, alors qu'en milieu acide elle se rapproche plus de celle du dérivé méthylé en 1. Il existerait donc un équilibre entre les formes tautomériques, mais une certaine prédominance de la forme quinoïde en milieu alcalin et benzoïde en milieu acide serait probable.

---

(1) Mme Ramart-Lucas et M. J. Hoch, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1041.

L'analogie des phénomènes observés pour le naphtotriazole n'est pas complète avec ceux que Mme Ramart et ses collaborateurs ont observés pour le benzotriazole et cela est dû à l'influence exercée par le deuxième noyau du naphtalène. En effet le naphto 1′,2′:4,5 triazole et ses dérivés monosubstitués en 1 et 3, absorbent dans une région qui est voisine de celle des amines correspondantes dans lesquelles le groupe azo manque (*fig.* 1, courbe 3; *fig.* 2, courbe 4; *fig.* 3, courbe 4). Cependant le maximum de leur bande principale est déplacé vers les courtes longueurs d'onde et de plus l'allure de leur courbe d'absorption est très différente par rapport à ces dernières. Le passage du phényl-3 naphto 1′,2′:4,5 triazole à l'(α-naphtyl)-1 phényl-3 triazène (I), dont j'ai emprunté la courbe à M. J. Klein [2], est accompagné d'un effet bathochrome intense (*fig.* 3, courbes 2 et 5), bien que ce dernier contienne les mêmes groupements mais en chaîne ouverte. Cette observation peut conduire à penser que la cyclisation entraîne une diminution, voire même une suppression du *couplage* entre le groupe azo et le reste de la molécule; cependant il n'en est pas moins évident que le phénomène observé est plus complexe et cela grâce à la nature du noyau naphtalénique.

Dans ce cas, comme pour le benzotriazole, on peut admettre avec Mme Ramart que la suppression du *couplage* par cyclisation, est due au passage de l'azote d'une variété à une autre, la structure ammonium étant toutefois à écarter.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur une tendance évolutive des Ébriédiens.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Il y a tendance, chez divers *Ebriopsidæ* fossiles, à l'atrophie progressive de la partie dorsale du squelette; plus ou moins réduite dans les genres *Falsebria* n. g. et *Spongebria* n. g., celle-ci disparaît dans le genre *Hovassebria* Defl., dont l'origine est ainsi éclairée.

D'une manière générale, les Ebriédiens ont été figurés avec l'anneau nucléaire à la partie supérieure, sans précision sur la position de la face frontale du dessin, repérable simplement par la numérotation des actines. Il apparaît maintenant qu'une orientation logique peut être adoptée, au moins pour une majorité d'*Ebriopsidæ*. On considérera :

1° comme partie ou face ventrale, la face opposée à l'actine $a2$, réunissant $a1 - a3 - r$ avec $o1 - p1$, $o3 - p3$ et $sa31$ dans mes récentes figures d'*Ebriopsis* [1];

2° comme partie ou face dorsale, l'ensemble $a2$, $o2 - p2$, $sa12 - sa23$.

Dès le Paléocène, on constate chez divers Ebriédiens, une tendance à

---

(2) *Thèse de doctorat*, Paris, 1949.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1684.

l'atrophie de la partie dorsale, coïncidant d'ailleurs avec son retard marqué et constant durant l'ontogenèse du squelette des formes considérées. *Ebriopsis aplanata* n. sp. perd l'opisthoclade $o2$ (*fig.* 1), puis le proclade $p2$, ne

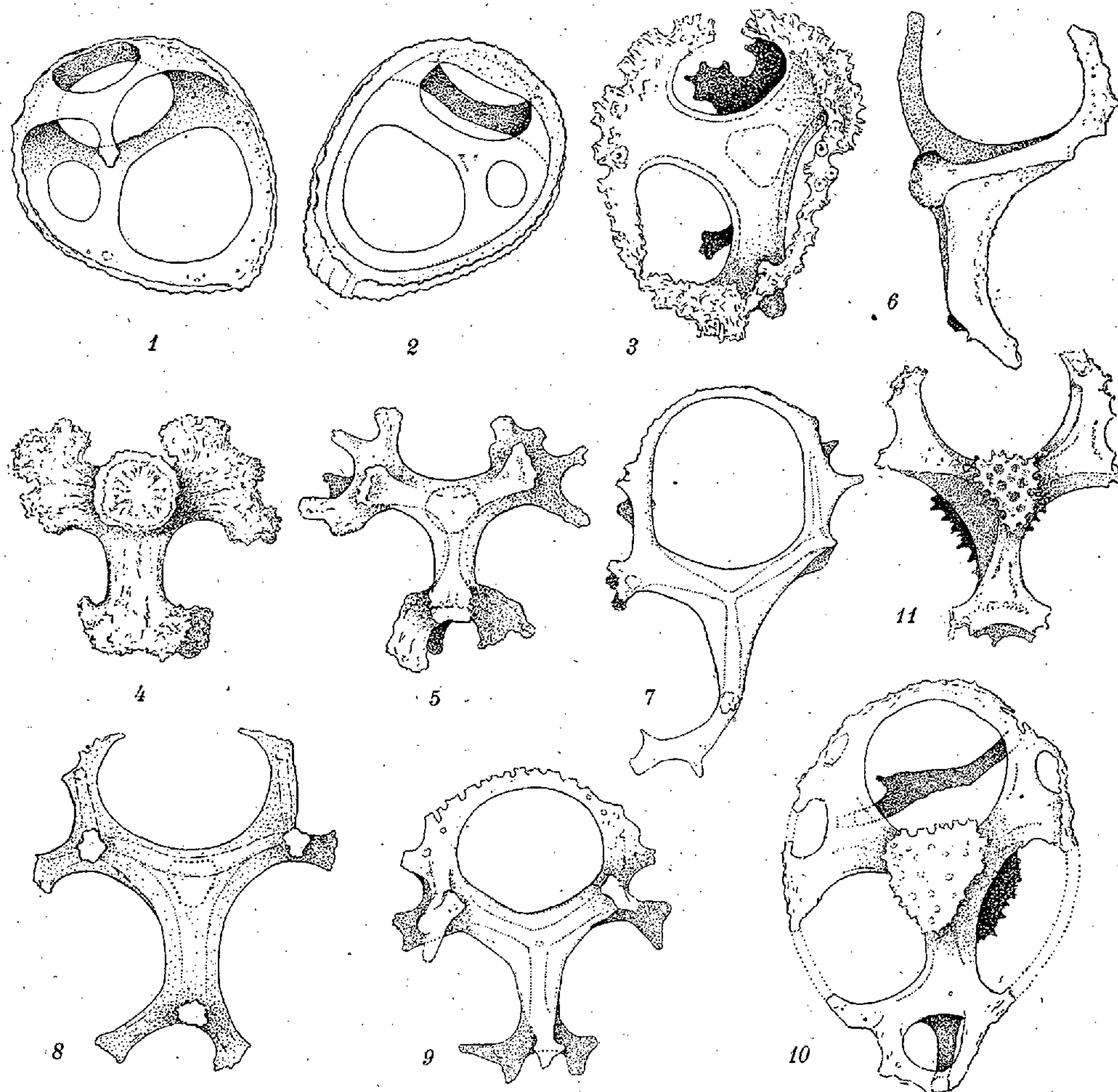


Fig. 1 à 11. — 1 et 2, *Ebriopsis aplanata* n. sp. Eocène, Kusnetzk, U. R. S. S.; 3, *Falsebria ambigua* n. g. n. sp. Paléocène, île de Fuur, Jutland; 4, *F. ambigua* f. *coralloidea* n. f. Paléocène, île de Mors, Jutland; 5, *F. ambigua* f. *brachiolata* n. f. Mors; 6, *F. rossica* n. sp. Kusnetzk; 7, *Hovassebria sinistra* n. sp. Oligocène, Oamaru, N. Z.; 8, *Falsebria imitata* n. sp. Mors; 9, *Hovassebria brevispinosa* (Hov.) Defl. Oamaru; 10 et 11, *Spongebria marthæ* n. g. n. sp. Kusnetzk. Fig. 1, 4, 6 : faces dorsales, les autres : faces ventrales. (Gross. 1166.)

conservant plus (*fig.* 2) qu'une baguette transversale, vestige des synclades $sa\,12$-$sa\,23$ et une trace à peine perceptible de la base de $a\,2$, tandis que la face ventrale s'aplanit. Dans le genre *Falsebria* nov. gen. ([2]), *Falsebria ambigua*

([2]) *Falsebria* nov. gen. Diffère d'*Ebriopsis* par l'absence partielle ou complète des synclades antérieurs dorsaux ($sa\,12$-$sa\,23$) et de l'opisthoclade dorsal ($o\,2$), suivie par l'atrophie variable de l'actine $a\,2$. Génotype : *Falsebria ambigua* n. sp.

n. sp. montre de rares spécimens (*fig.* 3) s'approchant du schéma d'*Ebriopsis valida* Defl., éventuellement réalisable; mais les formes *coralloidea* n. f. (*fig.* 4) et *brachiolata* n. f. (*fig.* 5) de la même espèce, sont dépourvues de clades et ont une actine *a* 2 atrophiée, *si hypersilicifiés que soient leurs squelettes. Falsebria imitata* n. sp. du Paléocène (*fig.* 8), avec des rudiments du synclade *sa* 31 et une courte actine *a* 2, semble préfigurer *Hovassebria brevispinosa* (Hov.) Defl. de l'Oligocène (*fig.* 9), et des relations analogues apparaissent entre *Falsebria rossica* n. sp. (*fig.* 6), à actine *a* 2 réduite à un bouton, et *Hovassebria sinistra* n. sp. (*fig.* 7), sans *a* 2. L'origine du genre *Hovassebria* Defl. se trouve ainsi éclairée : son triode n'est autre qu'un triaene ayant perdu l'actine *a* 2, et la branche opposée au synclade antérieur correspond donc au rhabde. C'est vraisemblablement par un processus parallèle qu'a pris naissance *Spongebria* nov. gen. (*S. marthæ* n. sp., *fig.* 10, 11) (3) où *a* 2 serait remplacée par le plus grand des deux coussinets perforés si particuliers. Les spécimens avec *sa* 31 sont peu fréquents, et la persistance de la baguette transversale, vestige de *sa* 12-*sa* 23 (*fig.* 10), comparable à celle d'*Ebriopsis aplanata*, très rare jusqu'ici.

Cet ensemble de faits concordants démontre l'existence, chez les Ebriédiens en question, d'une tendance évolutive caractérisée par l'atrophie progressive de la partie dorsale (actine *a* 2 et clades correspondants). Elle peut coïncider avec la disparition partielle ou complète des opisthoclades *o* 1 et *o* 3, tandis que subsiste le synclade *sa* 31, circonscrivant avec *a* 1 et *a* 3, l'anneau nucléaire. Il y a parallélisme, sinon identité, entre cette tendance et celle à la compression du squelette selon l'axe de *a* 2, telle que je l'ai déjà notée chez *Hermesinopsis caulleryi* Defl. (4), compression variable que l'on retrouve dans d'autres genres d'*Ebriopsidæ*, comme *Podamphora*, *Micromarsupium*, *Hermesinum*, etc., où elle aide à discriminer la face ventrale.

---

(3) *Spongebria* nov. gen. Triode à centre pourvu sur ses deux faces, d'un coussinet triangulaire siliceux, irrégulièrement perforé, comme spongieux, n'ayant généralement conservé que le synclade antérieur ventral *sa* 31. Génotype : *Spongebria marthæ* n. sp.

(4) G. Deflandre, *Ann. Protist.*, 4, 1934, p. 80.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches sur l'antagonisme entre l'acide diphénylilacétique et l'acide indole-acétique vis-à-vis de l'élongation cellulaire.* Note de M. **Felice Bertossi**, présentée par M. Joseph Magrou.

L'acide diphénylilacétique peut inhiber l'action exercée par l'acide indole-acétique sur la croissance du coléoptile d'Avoine. La dose d'acide diphénylilacétique nécessaire pour obtenir l'inhibition est d'autant plus élevée que la dose d'acide indole-acétique est elle-même plus forte. Ces deux substances sont donc antagonistes l'une de l'autre en ce qui concerne le phénomène d'élongation cellulaire.

Nous avons signalé antérieurement que l'acide diphénylilacétique (¹) est actif sur des plantules de Tabac (²) et de Lupin blanc. Ce résultat nous a engagé à étudier l'activité de cette substance au moyen des tests utilisés pour la mise en évidence des auxines et notamment du test-Avoine.

Dans une première série d'expériences nous avons fait agir sur des coléoptiles d'Avoine, en suivant la technique de Went, des cubes de gélose contenant diverses doses de diphénylilacétate de sodium. Cet essai préliminaire ne nous a pas permis de mettre en évidence la moindre action sur l'élongation cellulaire.

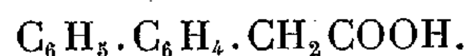
Nous avons alors eu l'idée de faire agir des mélanges d'acide indole-acétique et de diphénylilacétate de sodium; habituellement le milieu gélosé servant à la réalisation du test-Avoine est ajusté à pH 4, mais le diphénylilacétate de sodium étant peu soluble dans ces conditions, nous avons préféré opérer à pH 5,8. Nous nous sommes assuré naturellement de la validité du test-Avoine à ce pH.

Les concentrations de diphénylilacétate de sodium présentes dans les cubes de gélose, appliqués sur les coléoptiles d'Avoine, étaient comprises entre $10^{-4,6}$ et 10^{-3}; cette substance était associée à des concentrations d'acide indole-acétique allant de $10^{-7,6}$ à 10^{-6}.

Cette expérience nous a permis de mettre en évidence un antagonisme très net entre les deux substances utilisées. Cet antagonisme se traduisait par le fait que l'activité d'une dose donnée d'acide indole-acétique se trouvait bloquée par une dose convenable de diphénylilacétate de sodium. La dose de diphénylilacétate de sodium nécessaire pour obtenir le blocage était d'autant plus élevée que la dose d'acide indole-acétique était elle-même plus forte. Le graphique ci-joint, qui indique, pour diverses concentrations d'acide indole-

---

(¹) L'acide diphénylilacétique possède la formule suivante :

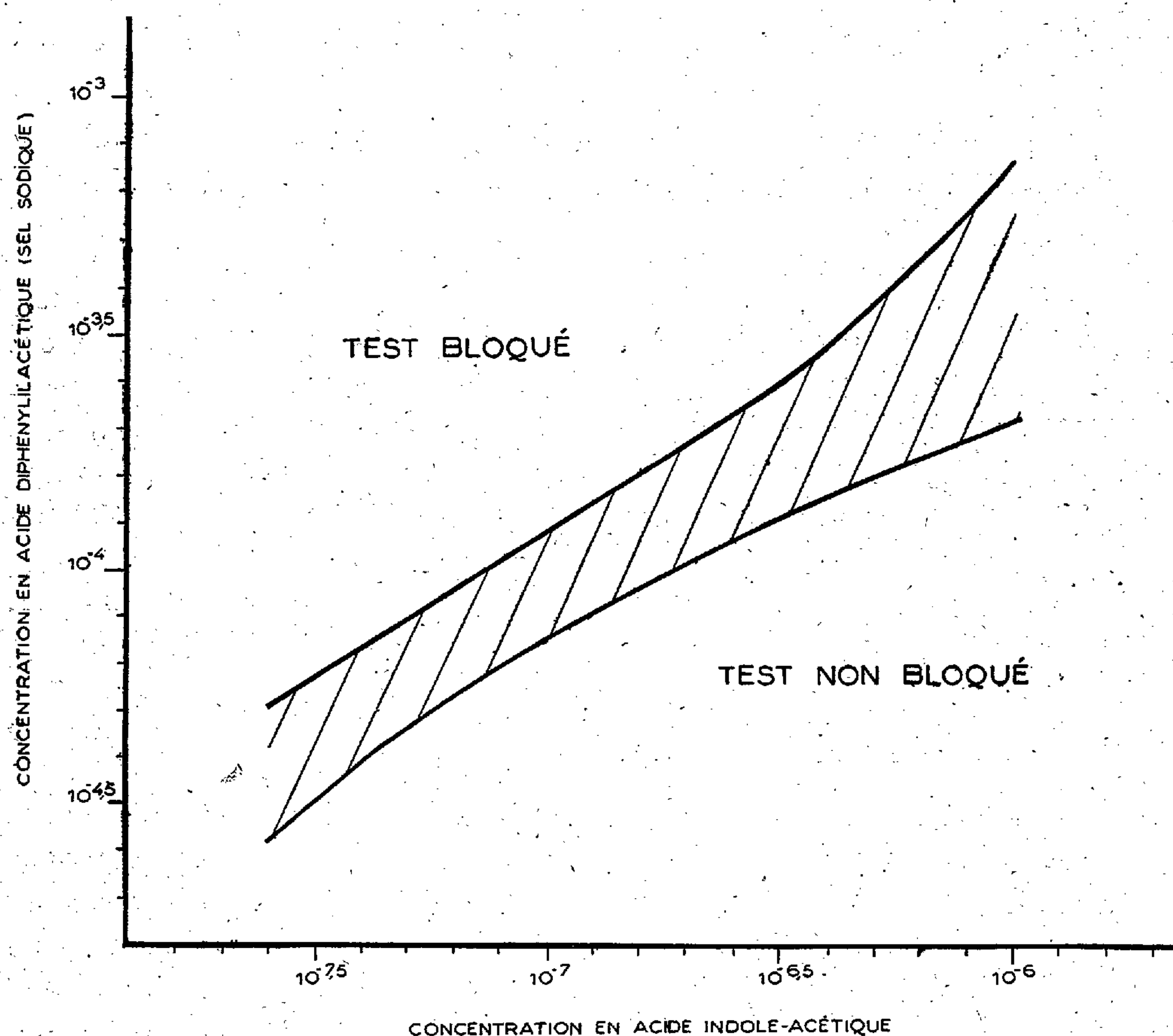


$$C_6H_5 . C_6H_4 . CH_2COOH.$$

Dans ce travail, nous n'avons pas utilisé l'acide lui-même, mais son sel sodique.

(²) F. Bertossi et R. Ciferri, *Experientia*, 4, 1947, p. 7.

acétique, la concentration de diphénylilacétate de sodium nécessaire au blocage, souligne nettement ce phénomène d'antagonisme.



Antagonisme enlre l'acide diphénylilacétiqne et l'acide indole-acétique à l'égard du test-Avoine.

La zone située au-dessus des hachures correspond à des mélanges d'acides diphénylilacétique et indole-acétique provoquant le blocage absolu du test-Avoine. La zone située au-dessous des hachures correspond à l'absence complète de blocage du test. La zone hachurée correspond à un blocage partiel.

Il ne semble pas que le blocage produit par le diphénylilacétate de sodium soit comparable à un phénomène d'intoxication des coléoptiles d'Avoine, car si l'on associe une dose donnée de cette substance, par exemple 10^{-4}, à des doses croissantes d'acide indole-acétique, on observe pour les doses de ce dernier supérieures à $10^{-6,6}$ un déblocage complet et la courbure des coléoptiles présente alors la même valeur qu'en l'absence de diphénylilacétate de sodium.

En résumé, nos expériences établissent que le diphénylilacétate de sodium est un antagoniste de l'acide indole-acétique vis-à-vis de l'élongation cellulaire. Il nous reste à rechercher si cet antagonisme peut se manifester dans le cas

d'autres phénomènes, tels que la multiplication cellulaire, s'il s'obtient seulement avec l'acide indole-acétique et si enfin il relève d'un mécanisme chimique, concernant directement l'acide indole-acétique ou d'un processus physiologique dans lequel l'acide indole-acétique ne jouerait qu'un rôle indirect.

BOTANIQUE. — *Note préliminaire sur l'histologie des ligules de graminées.* Note de MM. **Jean Jacquet** et **Yves Plessis**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Parmi les travaux consacrés aux Graminées, peu ont porté sur les ligules, sauf, pensons-nous, le Mémoire de Bugnon (1) et les clés de détermination des espèces prairiales par les appareils végétatifs (2), (3), (4). Il s'agit là d'études surtout macroscopiques. Il convenait donc d'envisager la ligule du point de vue histologique. Nous avons arraché les ligules avec des pinces fines, ou les avons coupées à leur base au rasoir, suivant leur taille. L'examen a été fait entre lame et lamelle directement ou après coloration.

Nous avons constaté que la ligule était constante non seulement chez les espèces à ligules dites réduites ou nulles (fétuques), mais aussi dans les formes indiquées par les flores comme ayant une ligule *remplacée* par des poils. Ceux-ci sont fixés au sommet d'un tissu qui représente la vraie ligule et qui est plus ou moins développé (*Phragmites communis, Spartina Townsendi*). D'autre part, la ligule est un tissu bien vivant, bordé de cellules précises ; l'aspect dit déchiqueté n'est qu'une apparence macroscopique. Les noyaux sont remarquablement nets. Les perforations intercellulaires sont très visibles (*fig.* 6). La ligule constitue donc un matériel cytologique de choix. Sa vitalité se conserve généralement jusqu'à la fin de la phase sexuée. Les seules modifications qui se produisent parfois sont un épaississement de la paroi de certaines cellules bordantes supérieures ou une légère lignification de quelques éléments plus ou moins profonds. Lorsque la gaine vient à se décoller, au cours du vieillissement de la plante, la ligule peut perdre ses cellules apicales et se fendre en long, mais sans prendre l'aspect déchiqueté. A l'état jeune, c'est un tissu doué d'un grand dynamisme où l'on voit une véritable montée cellulaire, les cellules apicales restant seules sur une seule couche (*fig.* 1).

De nombreux examens nous ont montré, enfin, qu'il existait plusieurs types

(1) *La feuille chez les graminées.* Thèse, 1921.

(2) Henning, *Bestimmungstabellen für Gräser und Hülsenfrüchte im Blütenlosen Zustande*, vol. 1, Berlin, 1930.

(3) De Vries, *Déterminatie tabel der grassen van Hooi-en-Weiland in vegetatieve toestand*, fasc. 1, Wageningen, 1948.

(4) Armstrong, *British grasses and their employment in agriculture*, vol. 1, Cambridge, 1950.

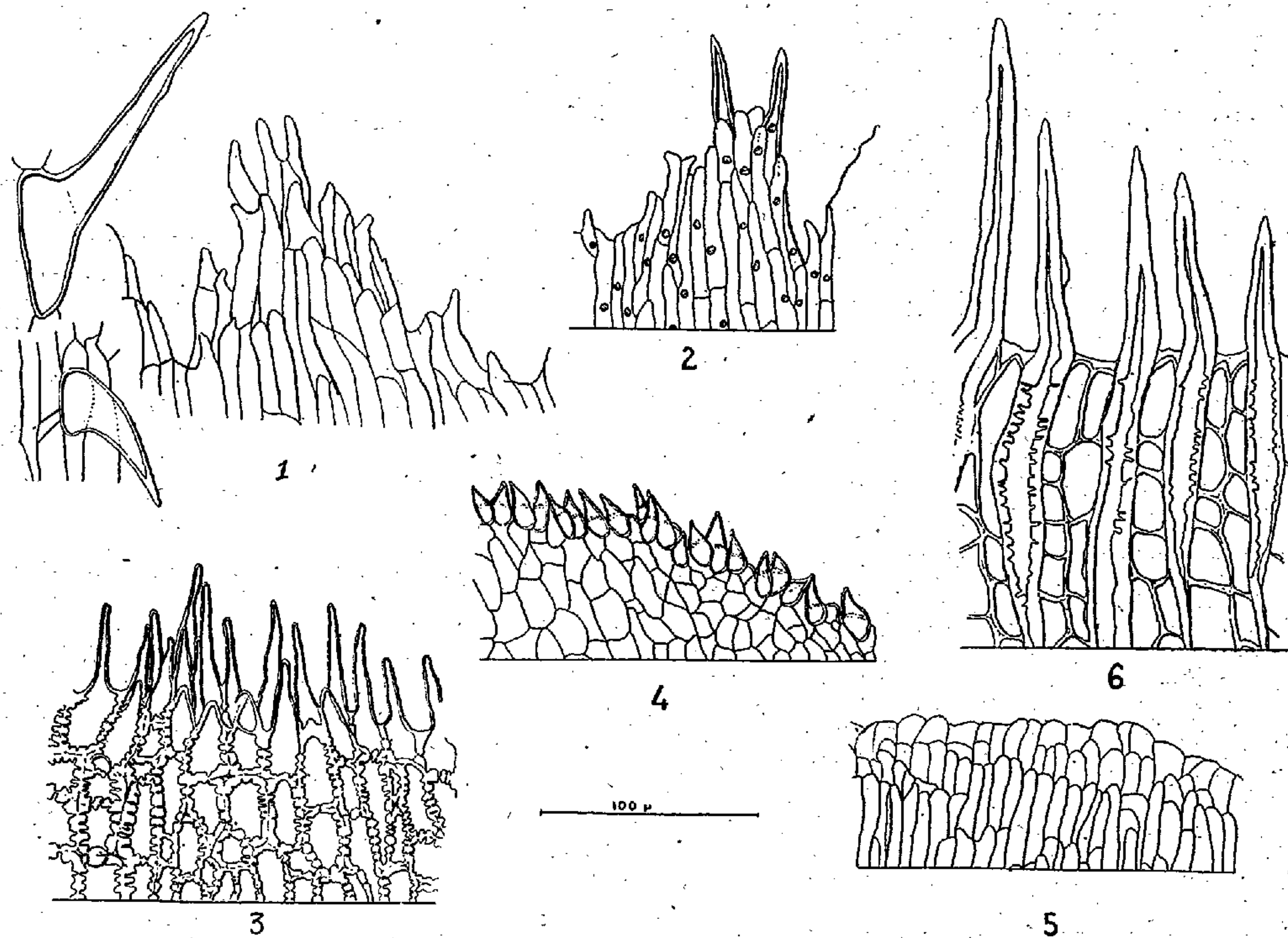
de ligules ([5]) mais que, pour une espèce donnée, les caractères étaient constants, mises à part les légères modifications dues au vieillissement. On peut provisoirement distinguer les groupes suivants :

a. tissu complètement uniforme (*Lolium perenne, Festuca pratensis, fig.* 5, *Zea maïs*);

b. tissu principal uniforme. Cellules apicales différenciées disposées en rangée continue tendant à prendre plus ou moins l'aspect de productions exodermiques (*Lolium italicum* et *Festuca heterophylla, fig.* 4).

c. tissu principal à membranes renforcées. Cellules supérieures exodermiques (*Vulpia myuros* (*fig.* 3);

d. tissu principal hétérogène (productions exodermiques à la face externe). Cellules apicales peu différenciées ou différenciées tardivement et seulement par places (*Dactylis glomerata, fig.* 1 et 2);



e. tissu principal à productions exodermiques. Cellules apicales plus ou moins différenciées (*Deschampsia flexuosa, Agropyrum canicum, Arrhenaterrum elatius*);

f. tissu principal différencié par l'interposition depuis la base de cellules en

([5]) Nous ne traitons ici que la ligule proprement dite, laissant de côté la question des appendices tels que les auricules.

voie de lignification se terminant par des cellules exodermiques (*Miscanthus sinensis, fig.* 6).

Dans chaque groupe, des dispositions particulières caractérisent généralement les espèces. On pourra donc utiliser les dispositions histologiques des ligules de graminées pour assurer leur détermination, d'autant plus qu'il est facile de conserver des préparations type. La comparaison des groupes ligulaires apportera, probablement en outre, des conclusions intéressantes pour la phyllogénie et la morphogénèse.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la présence d'excrétats radiculaires toxiques dans le sol de la pelouse herbeuse à* Brachypodium pinnatum *du Nord de la France.* Note de Mlle **Yvette Becker**, MM. **Lucien Guyot**, **Michel Massenot** et **Jacques Montegut**, présentée par M. Roger Heim.

L'extrait aqueux des racines d'*Hieracium pilosella* et de la terre prélevée au contact des racines de cette plante dans le sol de la pelouse herbeuse à *Brachypodium pinnatum* (faciès du *Xero-Brometum erecti*) du Nord de la France est toxique à l'égard des graines germantes de diverses espèces annuelles.

La technique suivante a été suivie. Des graines de diverses plantes annuelles sont mises à germer sur du sable arrosé soit avec de l'eau pure, soit avec un extrait aqueux (préparé par agitation pendant 1 heure dans de l'eau à 30° C) de terre prélevée au contact des racines de quelques espèces participant à la structure floristique normale du groupement végétal étudié; ces dernières sont choisies parmi celles qui constituent, en surface du terrain, des zones nettes de dominance locale, plus ou moins exclusives de toute autre végétation herbacée. Au bout d'un temps variant de 10 à 20 jours selon les essais, on détermine le pourcentage des graines ayant germé, des plantules normalement évoluées et des plantules anormales ou chétives; on mesure la hauteur moyenne des plantules formées. Ces données chiffrées sont comparées les unes aux autres [T : plantules témoins (arrosées avec de l'eau pure); E : plantules traitées (arrosées avec l'extrait aqueux de terre)].

A. Terre prélevée sous *Brachypodium pinnatum* :

Nature des plantules expérimentées.	Nombre des plantules mesurées.		Hauteur moyenne des plantules mesurées.	
	T.	E.	T.	E.
Dianthus prolifer	37	41	100	121
Lathyrus aphaca	32	32	100	143
Pisum sativum	51	46	100	119
Raphanus sativus	33	16	100	119
Triticum vulgare	89	69	100	113
Au total	242 (*)	204 (*)	–	–
En moyenne	–	–	100	123

(*) Nombre de graines mises à germer : respectivement 272 (T) et 218 (E).

Dans l'ensemble, la germination des graines et la croissance des plantules se font normalement; le traitement subi n'altère ni le pourcentage de germination, ni la morphologie des plantules. L'accroissement de la taille moyenne chez les plantules traitées est le fait des éléments nutritifs (sels minéraux solubles) que contient le sol de la pelouse. Aucun effet toxique ne nous est apparu.

L'absence des Thérophytes au sein des taches à Brachypode de la pelouse herbeuse paraît être la conséquence de la densité du gazon et de l'exubérance de la végétation, ainsi que du recouvrement total du terrain par la Graminée.

B. Terre prélevée sous *Hieracium pilosella* :

Nature des plantules expérimentées.	Nombre des plantules mesurées		Hauteur moyenne des plantules mesurées	
	T.	E.	T.	E.
Dianthus prolifer.............	68	57	100	88
Lathyrus aphaca.............	66	66	100	94
Pisum sativum...............	214	143	100	94
Raphanus sativus............	213	148	100	91
Triticum vulgare............	305	288	100	85
Au total...............	866 (*)	702 (*)	–	–
En moyenne..........	–	–	100	90

(*) Nombre de graines mises à germer : respectivement 929 (T) et 763 (E).

Dans l'ensemble, la germination des graines et la croissance des plantules sont plus ou moins perturbées; le pourcentage de germination est parfois diminué (dans un essai, celui-ci ne dépasse pas 41 % du témoin avec *Dianthus prolifer* et 36 % du témoin avec *Pisum sativum*); un certain nombre de plantules sont déformées (torsion de la tigelle et boursouflure du limbe) ou chétives. La hauteur moyenne des plantules traitées est réduite.

L'effet toxique constaté explique la rareté et la chétivité de la végétation au sein des taches à Piloselle de la pelouse herbeuse, malgré la taille basse de la composée (1 à 2^{cm} en hauteur) et un recouvrement du sol souvent incomplet (100 % dans les taches jeunes et vigoureuses, 10 % à 80 % dans les taches anciennes et dépérissantes). Certaines taches anciennement occupées par la Piloselle et d'où celle-ci a plus ou moins complètement disparu se laissent remarquer par l'absence presque totale de toute autre végétation herbacée.

Les données précitées sont plus significatives encore si l'extrait aqueux de la terre à Piloselle (plante toxique) est comparé, non pas à l'eau pure, mais à l'extrait aqueux de la terre à Brachypode (plante apparemment non toxique); elles s'expriment en ce cas par les chiffres suivants :

Nature des plantules expérimentées.	Hauteur moyenne des plantules arrosées par un extrait aqueux de terre prélevée sous	
	Brachypode.	Piloselle.
Dianthus prolifer	100	72
Lathyrus aphaca	100	65
Pisum sativum	100	80
Raphanus sativus	100	76
Triticum vulgare	100	75
En moyenne	100	73

Dans un dernier essai, des racines d'*Hieracium pilosella*, débarrassées de la terre adhérente, lavées à l'eau courante et hachées menu, ont servi à la préparation d'un extrait aqueux (par séjour pendant 1 heure dans de l'eau à 30°C), utilisé pour l'arrosage de graines mises à germer sur buvard humide en boîte de Pétri; la hauteur moyenne des plantules (au bout de 10 jours) a été (contre 100 chez le témoin arrosé à l'eau pure) : 64 avec *Lathyrus aphaca*, 83 avec *Raphanus sativus* et 72 avec *Triticum vulgare* (en moyenne : 73)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Inhibition des oxydases de l'* Agaricus campestris *par l'association de certains acides aminés soufrés à l'anhydride sulfureux.* Note de M. **Igor Voinovitch**, présentée par M. Maurice Javillier.

En poursuivant l'étude de l'action anti-oxydante exercée par différentes substances sur le noircissement enzymatique de certains champignons [1], nous avons été amené à étudier l'action de la cystine, de la cystéine et du glutathion, seuls ou en association avec l'anhydride sulfureux. En effet, au cours des essais que nous avons effectués sur la réactivation de la solution oxydasique purifiée, partiellement inactivée par de faibles quantités d'eau oxygénée, nous avons toujours constaté que la cystéine (utilisée sous forme de chlorhydrate) exerce, à partir d'une certaine concentration, un effet inhibiteur sur l'oxydation enzymatique du pyrogallol à l'air. Nous avons étendu cette étude à la cystine et au glutathion et nous avons également étudié l'action synergique de la cystéine, de la cystine et du glutathion associés à de faibles quantités d'anhydride sulfureux (utilisé sous forme de métabisulfite de potassium).

Les effets observés dans les conditions choisies (100^{mg} de pyrogallol et 1^{cm^3} d'un extrait oxydasique purifié d'agaric, pour 200^{cm^3} d'eau; oxydation suivie par dosage colorimétrique) sont les suivants :

---

(1) I. Voinovitch, H. Cheftel, J. Durocher et E. Kahane, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1823.

SO_2	20^{mg} : inhibition complète pendant 48 heures
Cystéine	20^{mg} : inhibition partielle pendant 11 jours; l'oxydation est suivie d'une nette réduction
Cystéine + SO_2	$1^{mg},5 + 1^{mg}$: arrêt total pendant 7 jours
Cystine	20^{mg} brunissement normal; aucune action
Cystine + SO_2	$1^{mg},5 + 1^{mg}$: brunissement normal; aucune action
Glutathion	54^{mg} : inhibition partielle pendant 10 jours
Glutathion + SO_2	$3^{mg},5 + 1^{mg}$: inhibition complète pendant 7 jours

On voit que l'effet anti-oxydant de la cystéine et de l'anhydride sulfureux utilisés simultanément est particulièrement net; ce système arrête pendant 7 à 8 jours toute oxydation du pyrogallol sous l'influence de la solution oxydasique, les doses employées étant 10 à 20 fois plus faibles que les doses actives de chacun des réactifs utilisés isolément.

L'action anti-oxydante du système glutathion + SO_2 est très voisine de celle de la cystéine + SO_2, ce qui porte à croire que l'activité de la molécule de glutathion appartient à la cystéine qu'elle contient. La synergie triple : cystéine + thiamine + SO_2 (*loc. cit.* I, en ce qui concerne la thiamine) ne s'est pas avérée plus active que la synergie double : cystéine + SO_2. La cystéine, à faible ou à forte concentration, seule ou associée à l'anhydride sulfureux, n'arrête pas l'oxydation enzymatique du pyrogallol.

D'autre part, des quantités élevées de cystéine (20^{mg}) utilisée seule, semblent exalter l'action de la succino-déshydrogénase présente dans nos solution oxydasiques purifiées d'agaric ([2]). Ni la cystine, ni le glutathion, utilisés en quantités équimoléculaires, ne présentent aucune activité à cet égard. On peut donc penser que ce n'est pas seulement le groupement SH qui est nécessaire à l'activation de cet enzyme, mais qu'il y a un effet spécifique de la cystéine.

En résumé, la cystéine, et dans une plus faible mesure, le glutathion, associés à de faibles quantités d'anhydride sulfureux, se comportent en inhibiteurs de l'oxydation enzymatique du pyrogallol par les extraits polyphénoloxydasiques d'agaric. La cystine ne possède aucune activité à cet égard. La cystéine exalte l'action de la succino-déshydrogénase de l'agaric, tandis que la cystine et le glutathion sont inactifs.

([2]) I. Voinovitch, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2330.

PHYSIOLOGIE. — *L'iodémie du jeune Saumon* (Salmo salar *L.*) *en eau douce*. Note de MM. **Maurice Fontaine** et **Jacques Leloup**, présentée par M. Paul Portier.

Ayant déterminé les valeurs de l'iode total, protéique, thyroxinien, chez le jeune Saumon sédentaire, puis en migration d'avalaison, les auteurs soulignent la chute du rapport I thyroxinien/I total à ce dernier stade et envisagent la possibilité d'une intervention de cette perturbation humorale dans le déterminisme de la migration.

Ayant récemment étudié les variations de l'iodémie et de la thyroxinémie du Saumon adulte de l'Adour au cours de sa migration anadrome ([1]), nous réunissons ici les données recueillies chez le jeune Saumon. Les deux stades envisagés sont les suivants :

1° Le parr mâle (ou jeune Saumon sédentaire) sexuellement mûr capturé en décembre sur les frayères et dont les modalités du *cycle pédogénétique* ont été antérieurement décrites ([2]).

2° Le smolt (jeune Saumon ayant subi diverses modifications des rapports corporels et acquis une livrée argentée très différente de celle du parr) pêché au printemps alors qu'il accomplit sa migration d'avalaison vers l'Océan.

Les dosages d'iode ont été effectués par la méthode précédemment utilisée ([3]). Les valeurs du tableau I, exprimées en γ d'iode pour 100^{cm^3} de sérum, représentent les moyennes des nombreux chiffres obtenus ([4]) et se rapportent chacune à plusieurs centaines d'individus pêchés au cours de trois années consécutives dans le gave d'Oloron.

Tableau I.

	I total.	I protéique.	I thyroxinien.	I protéique % / I total	I thyroxinien % / I total
Parrs	12,5	5,6	3,1	51,4	32,1
Smolts	33,5	7	4,3	20,7	15,7

De la comparaison de ce tableau avec celui consacré au Saumon adulte ([1]), il résulte que les valeurs de l'iode total, protéique et thyroxinien du sérum des jeunes Saumons (parr et smolt) sont beaucoup plus faibles que celles du Saumon adulte de montée. En outre, ces mêmes valeurs chez le parr capturé sur les frayères et s'alimentant sont nettement inférieures à celles obtenues sur le Saumon adulte jeûnant depuis plusieurs mois et pêché au même lieu et à la même époque.

([1]) Fontaine et Leloup, *Comptes rendus* **230**, 1950, p. 2216.

([2]) M. Fontaine et R. Vibert, *Compte rendu Congrès international de Zoologie*, Paris, 1949, p. 390-392 et *J. Conseil int. pour l'exploration de la Mer*, **16**, 1950, p. 216-226.

([3]) F. Lachiver et J. Leloup, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **31**, 1949, p. 1128.

([4]) Ces chiffres seront donnés dans un Mémoire ultérieur.

Comparé au parr, le smolt s'en distingue par une iodémie de 2 à 3 fois supérieure, alors que les teneurs en iode protéique et thyroxinien sont faibles et du même ordre de grandeur dans les deux groupes. Ces résultats doivent être confrontés à ceux fournis par l'étude histologique de la thyroïde du smolt (5) qui montre une glande exceptionnellement active du point de vue cytologique, mais vide de colloïde et rappelant par bien des points la structure présentée par la thyroïde des Mammifères sous l'action d'une stimulation intense par la thyréostimuline hypophysaire. On observe donc chez le smolt, d'une part, une iodémie élevée associé à une faible thyroxinémie, et, d'autre part, une image histologique d'hyperactivité thyroïdienne. Comment concilier ces données biochimiques et histologiques apparemment contradictoires?

La smoltification correspond à une phase d'accélération de croissance (6), qui implique des besoins alimentaires nettement supérieurs à ceux du parr (7) et elle peut être obtenue par administration d'extrait thyroïdien (8). Ces données et quelques autres inédites permettent de supposer qu'au début de la smoltification, et pendant celle-ci, stades qui ne nous ont pas été accessibles jusqu'ici, la thyroïde sécrète des quantités importantes d'hormone. Lors du déclenchement de la migration, une demande supplémentaire d'hormone thyroïdienne nécessitée par des dépenses métaboliques accrues, entraînerait, dans cet organisme accoutumé à une imprégnation thyroïdienne élevée, l'épuisement d'une glande dont la réserve colloïde est déjà minime, ceci malgré un apport d'iode suffisant. L'hypothyroxinémie résultante agirait comme stimulus hypophysaire pour provoquer une libération massive de thyréostimuline qui en dehors de son action sur la thyroïde serait responsable de l'agitation motrice qui doit être le temps premier de la migration d'avalaison.

Le smolt évoque en effet ces états d'hypothyroxinémie qui, réalisés rapidement, s'accompagnent chez l'homme d'agitation motrice, d'hyperémotivité et de tachycardie et qui, déjà étudiés en 1931 par Bier et Roman (9) (qui avaient signalé dans le sang de ces malades une chute du rapport de l'iode organique à l'iode total) ont fait l'objet de travaux récents (10) dans lesquels ils sont interprétés comme une conséquence d'une décharge massive de thyréostimuline déterminée par la chute de la thyroxinémie.

Avec toutes les réserves qui s'imposent quand on compare les comporte-

---

(5) M. Fontaine et M. Olivereau, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1660.

(6) W.-S. Hoar, *J. biol. Board of Canada*, 4, 1939, p. 441-439; J.-H. Orton, *Nature*, 150, 1942, p. 21-22.

(7) W.-S. Hoar, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 6 (1), 1942, p. 90-101.

(8) Landgrebe, *J. of exper. Biol.*, 18, n° 2, 1941, p. 10; La Roche, *Anat. Rec.*, 103, 1949, p. 480.

(9) *Z. für Klin. Med.*, 118, n° 15, 1931.

(10) Mahaux, *Essai de physiopathologie thyrohypophysaire*, 1947, Paris; Berger, *Bull. Ac. Roy. Med. Belge*, 1945, n° 10, p. 152.

ments de deux espèces aussi éloignées dans l'échelle zoologique, on peut donc considérer favorablement l'hypothèse suivante : l'hypothyroxinémie relative du smolt, associée à des facteurs externes saisonniers, interviendrait dans l'ensemble des conditions déterminant le poisson à quitter le sol accidenté des gaves où il trouvait des zones de calme relatif, pour venir nager en plein courant et y subir, lors des crues, l'avalaison.

Ce schéma, proposé pour le Saumon de l'Adour, ne constitue sans doute pas une explication adéquate à l'ensemble des migrations d'avalaison de toutes les espèces de Saumons, dont certaines s'effectuent selon des modalités très différentes. Il est probable d'ailleurs qu'il n'intervient ici même qu'au sein d'un état sympathicotonique général très accentué sur lequel nous reviendrons et qui représente la préparation physiologique à l'état migratoire.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mode d'action de l'accélérateur sérique de la conversion de la prothrombine.* Note de M. **Méjer Burstein**, transmise par M. Léon Binet.

Nous avons montré dans une Note antérieure ([1]) que le sérum des Mammifères raccourcit, non seulement le temps de prothrombine du plasma humain dilué ([2]), mais également le temps de prothrombine du plasma d'Oiseau en présence de thromboplastine des Mammifères. Toutefois, ce même sérum n'accélère pas la conversion de la prothrombine des Mammifères en présence d'une thromboplastine d'Oiseau.

Or, nous avons constaté qu'il en est de même en présence d'une thromboplastine homologue diluée. La thromboplastine utilisée était l'extrait acétonique du cerveau de Lapin, préparé d'après Quick ([3]). Une émulsion contenant 30^{cg} de poudre dans 5^{cm^3} d'une solution saline donne avec le plasma humain un temps de prothrombine de 13 secondes environ ($0^{cm^3},1$ plasma citraté à $4\,^0/_{00}$ + $0^{cm^3},1$ thromboplastine + $0^{cm^3},1$ $CaCl_2$ 0,025 N à 37°). Si l'on dilue cette thromboplastine 200 à 500 fois, le temps de prothrombine remonte à 30 à 50 secondes. (Notons que sans adjonction de thromboplastine, le temps de coagulation est de 150 à 180 secondes.) Il résulte de nos expériences, que le sérum ne raccourcit pas le temps de prothrombine du plasma humain, déterminé en présence d'un extrait de cerveau de lapin fortement dilué. L'accélérateur sérique est donc inactif non seulement en présence d'une thromboplastine hétérologue, mais également en présence d'une thromboplastine homologue diluée.

Le temps de prothrombine du plasma peut être allongé dans trois conditions :

([1]) M. Burstein, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2239.
([2]) A. de Vries, B. Alexander et R. Goldstein, *Blood*, **4**, 1949, p. 217.
([3]) *Amer. J. Pathol.*, **15**, 1945, p. 560.

a. Abaissement du taux de prothrombine par dilution du plasma avec du plasma déprothrombiné.

b. Utilisation d'une thromboplastine homologue fortement diluée.

c. Utilisation d'une thromboplastine hétérologue.

L'accélérateur sérique est très actif dans le premier cas et il est inactif dans les deux autres cas. Autrement dit, le sérum raccourcit le temps de prothrombine lorsque celui-ci a été allongé du fait de l'hypoprothrombinémie, mais non pas du fait d'une thromboplastine peu active (thromboplastine hétérologue ou thromboplastine homologue diluée).

Voici une expérience à titre d'exemple :

$0^{cm^3},1$ plasma humain :

1/1	$+ 0^{cm^3},1$ thromboplastine	1/1 $+ 0^{cm^3},1$ $CaCl_2$ 0,025 N	13 sec
1/20	»	1/1 »	45 sec
1/20	»	1/1 $+ 0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum humain (1) + calcium	20 sec
1/1	»	1/200 $+ 0^{cm^3},1$ $CaCl_2$ 0,025 N	32 sec
1/20	»	1/200 »	75 sec
1/1	»	1/200 $+ 0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum humain + calcium	34 sec
1/20	»	1/200 $+ 0^{cm^3},2$ mélange 1/1 sérum humain + calcium	75 sec

Il résulte de cette expérience que le sérum raccourcit le temps de prothrombine du plasma humain lorsque celui-ci est allongé du fait de l'hypoprothrombinémie, mais pas du fait d'une thromboplastine homologue fortement diluée.

En tenant compte des résultats *précédents* (1), on peut attribuer à l'accélérateur présent dans le sérum des Mammifères les caractères suivants :

1° Il raccourcit le temps de prothrombine des Oiseaux en présence d'une thromboplastine des Mammifères.

2° Il raccourcit le temps de prothrombine du plasma humain dilué.

3° Il ne raccourcit pas le temps de prothrombine du plasma des Mammifères en présence d'une thromboplastine d'Oiseau.

4° Il ne raccourcit pas le temps de prothrombine du plasma des Mammifères en présence d'une thromboplastine homologue très diluée.

Le facteur sérique joue ainsi en corrélation étroite avec la thromboplastine.

Conclusions. — Le sérum des Mammifères renferme un accélérateur de la conversion de la prothrombine qui agit en présence d'une thromboplastine homologue très active. Cet accélérateur ne semble pas intervenir en cas d'une thromboplastine homologue fortement diluée, ou en cas d'une thromboplastine hétérologue. L'accélération sérique agit ainsi en corrélation étroite avec la thromboplastine.

---

(1) Il s'agit d'un sérum humain ayant un temps de prothrombine de 60 secondes ($0^{cm^3},1$ plasma déprothrombiné + $0^{cm^3},1$ thromboplastine + $0^{cm^3},1$ $CaCl_2$ + $0^{cm^3},1$ sérum).

EMBRYOLOGIE. — *Développement d'un Hydrozoaire aberrant* Halammohydra schulzei *Remane*. Note de MM. **Bertil Swedmark** et **Georges Teissier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le développement des *Halammohydra* est direct et strictement progressif. La segmentation et la gastrulation sont semblables à celles de certains Hydraires; l'embryon se transforme en une larve polypoïde à symétrie tétraradiaire, qui est une véritable actinula. L'organe adhésif aboral est purement ectodermique.

Les *Halammohydra* sont de minuscules Hydrozoaires de la faune des sables, qui unissent curieusement des caractères de polype à des caractères de méduse et dont la position systématique est incertaine.

Le corps, entièrement cilié, est fait d'une colonne gastrique allongée que surmonte une coiffe sur laquelle s'insèrent un double verticille de tentacules et un verticille de statocystes. A l'extrémité libre de la colonne gastrique s'ouvre la bouche, à l'extrémité opposée un deuxième orifice qui, d'après Remane, à qui nous devons toutes nos connaissances sur ces animaux, serait un pore excréteur et donnerait accès à la cavité digestive. Les sexes sont séparés, les gonades incluses dans la paroi de la colonne gastrique. Le développement est inconnu.

Nous avons trouvé cette année à Roscoff une station importante d'*Halammohydra schulzei* Remane et nous avons pu en suivre avec quelque détail le développement qui est direct, mais dont les modalités sont assez singulières.

Les œufs sont pondus isolément et présentent une segmentation totale, le plus souvent irrégulière, qui donne tout d'abord une morula, mais, lorsque celle-ci comporte quelques centaines de blastomères, ces derniers se fusionnent. Deux ou trois divisions se produisent encore avant qu'intervienne la gastrulation qui se fait par délamination syncytiale.

Les premières différenciations de l'embryon consistent en l'apparition, au voisinage de l'un des pôles, de deux renflements opposés, amorces des deux premiers tentacules, et, peu après en la formation, à ce pôle même, d'une invagination. Celle-ci est sans rapport avec la gastrulation, qui lui est antérieure et s'est produite par un tout autre procédé. Il ne s'agit pas non plus, malgré les apparences, de la formation de la bouche qui apparaîtra bien plus tardivement au pôle opposé. L'orifice ainsi formé est le pore aboral : il donne accès dans une ampoule ectodermique, qui sécrétera très vite une substance gluante, grâce à laquelle l'animal au repos peut se fixer temporairement à un grain de sable et que, pour cette raison, nous nommerons organe adhésif. En même temps que s'ébauche cet organe, commence la différenciation des cellules ectodermiques : les premiers cnidocystes apparaissent en même temps que la ciliature générale. La larve commence à se mouvoir lentement.

Deux autres bourgeons disposés perpendiculairement aux deux premiers complètent l'ébauche d'un premier cycle de tentacules et achèvent de préciser la

symétrie tétraradiaire de l'embryon. Presque simultanément, quatre bourgeons interradiaux, insérés entre le pore aboral et le plan des quatre bourgeons déjà formés, constituent l'ébauche des tentacules du deuxième cycle. Ces derniers s'allongent très rapidement, cependant que les quatre premiers restent longtemps accolés aux flancs de l'embryon sur la plus grande partie de leur longueur. Les deux plus anciens s'en détachent avant les deux autres, de sorte que le stade à huit tentacules paraît précédé par un stade à six tentacules. La larve à huit tentacules est très active et ressemble déjà dans sa forme générale et dans sa nage à l'adulte. L'organe adhésif est fonctionnel, l'endoderme resté jusque-là syncytial s'organise progressivement en un épithélium, mais la bouche n'est pas encore ouverte.

L'ouverture de la bouche, qui est allongée dans un plan radial, la formation des premiers statocystes et le début de la multiplication des tentacules sont à peu près simultanés. Quatre statocystes apparaissent de part et d'autre de la base des deux tentacules opposés du premier cycle et, quelques heures plus tard, quatre autres semblablement situés par rapport aux deux autres tentacules du même cycle. L'augmentation du nombre des tentacules se fait par fission des tentacules préexistants. Elle se réalise en plusieurs étapes et présente d'assez larges variations individuelles. Il semble que la fission des tentacules du premier cycle précède normalement celle des tentacules du second, sans que d'ailleurs dans un même cycle les divisions restent toujours synchrones. Nous n'avons pu observer la troisième fission, qui est nécessaire pour que le nombre normal, qui paraît être de 24 dans cette espèce, soit atteint et nous n'avons pas vu non plus, faute d'avoir pu nourrir correctement nos larves, l'apparition des quatre derniers statocystes.

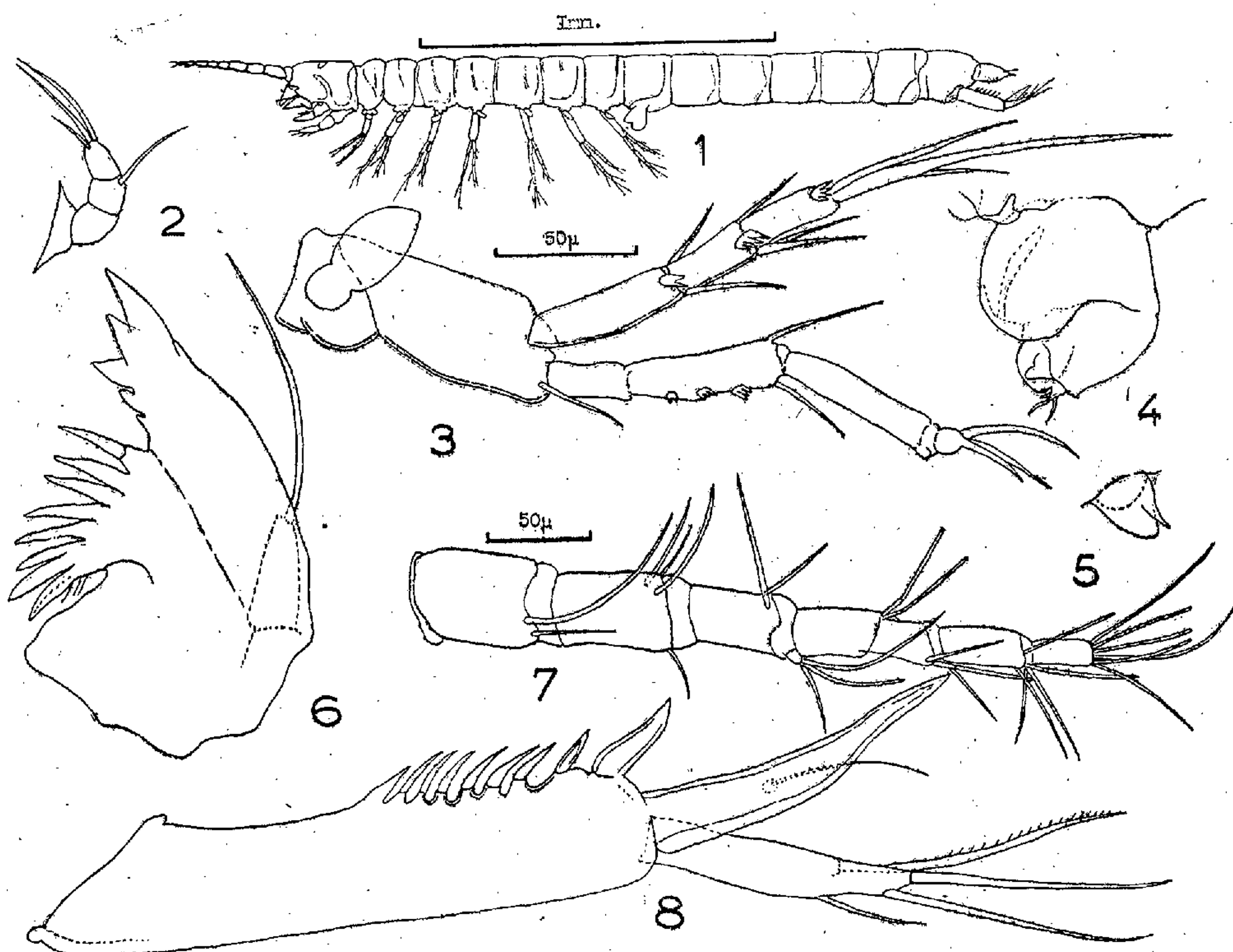
Les traits les plus caractéristiques de ce développement strictement progressif nous paraissent être la ressemblance de la segmentation et de la gastrulation chez *Halammohydra* et chez certains Hydroïdes tels que *Turritopsis*, l'absence de stade planula et la transformation directe de l'embryon en une larve polypoïde à symétrie tétraradiaire, l'apparition très précoce et la nature ectodermique de l'organe adhésif. Cet organe peut, sans aucun doute, être homologué aux formations ectodermiques moins différenciées du pôle aboral des actinules de Tubulariidées et aux cupules ou boutons adhésifs des polypes nageurs des *Margelopsis* ou des *Tiarella*.

Cet ensemble de faits, qui autorise à considérer la larve de *Halammohydra* comme étant une véritable actinula, devra nécessairement intervenir dans la discussion des affinités systématiques de cet Hydrozoaire, tenu généralement pour une Narcoméduse, mais que l'on a rapproché aussi des Siphonophores Chondrophorides. Mais avant de rouvrir le débat, il conviendra de procéder à une révision des interprétations actuellement admises de l'organisation de l'adulte.

ZOOLOGIE. — *Sur un type de Crustacé phréaticole nouveau* : Parabathynella Fagei *n. sp.* Note de MM. **Claude Delamare Deboutteville** et **Eugène Angelier**, présentée par M. Louis Fage.

Au cours de recherches sur la faune des eaux souterraines, nous avons capturé, dans les Pyrénées-Orientales, un Crustacé qui s'est révélé appartenir au genre *Parabathynella* Chappuis, de l'ordre primitif des Syncarides. Cette espèce, très originale, sera nommée *Parabathynella Fagei* n. sp. Elle peut se caractériser brièvement de la façon suivante :

1mm,5 de longueur au maximum. Corps très allongé à segments cylindriques; ♂ plus élancé que la ♀; 8 segments thoraciques, 6 segments abdominaux (*fig.* 1). Entièrement



Parabathynella Fagei n. sp. — 1, mâle; 2, antenne; 3, péréiopode 2; 4, péréiopode 8 ♂, face interne; 5, péréiopode 8 ♀, face externe; 6, mandibule; 7, antennule, face externe; 8, uropode, face interne (les figures 2 et 7 sont réduites d'un tiers par rapport à toutes les autres qui sont au même grossissement à l'exception de 1).

dépigmenté et aveugle. Antenne réduite à un très faible moignon de 4 articles, à segmentation peu visible et à chétotaxie réduite (*fig.* 2), sans exopodite. L'antenne n'est guère plus longue que l'un des articles proximaux de l'antennule. Celle-ci comporte un pédoncule de 3 articles bien développés. La branche interne est réduite à un vestige portant 3 poils; la branche externe comporte 4 articles avec poils et bâtonnets sensoriels (*fig.* 7). Lèvre

supérieure portant 10 dents. Mandibules à bord masticateur portant 5-7 dents et lobe sternal, situé dans le plan oblique, portant 8-9 indentations profondes (*fig.* 6); palpe mandibulaire constitué par un seul article terminé par un long poil. Premières maxilles à 3 articles, le précoxa portant un endite avec 2-3 poils fortement ciliés, le basis portant 4-5 épines barbelées et une grosse dent apicale. Un mamelon distal porte 2-3 poils et est, sans doute, le vestige du palpe disparu. Secondes maxilles triarticulées à précoxa portant une soie, à coxa portant 2-3 poils et à basis portant de nombreux poils apicaux. 8 péréiopodes tous identiques à l'exception du huitième qui est très réduit et qui, seul, porte des caractères sexuels (*fig.* 4 et 5). Les péréiopodes (*fig.* 3), à l'exception du premier et du huitième, ont un épipodite vésiculeux sur le coxa. Le basis porte un poil à son angle sternal distal. L'endopodite est composé de 4 articles et l'exopodite est triarticulé. Segments abdominaux cylindriques et dépourvus d'appendices. Uropodes à sympodites armés de 9 épines; deux rames, l'interne d'une seule pièce avec une trichobothrie externe dans la moitié proximale, l'externe portant 4 poils dont le plus extérieur est fortement cilié (*fig.* 8). Appendices du telson avec 6 épines dorsales internes, une épine apicale et deux poils externes.

Plusieurs centaines d'individus ont été récoltés selon la méthode des sondages du Professeur P.-A. Chappuis, en trois stations différentes : 1° graviers sur le bord du Tech, au Boulou; 2° graviers sur le bord du Tech, près du pont de la route nationale 114, entre Elne et Argelès-sur-Mer; 3° graviers sur le bord du ruisseau de la Baillaurie, près de Banyuls-sur-Mer.

Dans tous les cas le limon était assez peu abondant pour ne pas colmater les interstices. Tous les sondages ont été effectués à une profondeur de 30-40^{cm} au-dessous du niveau de l'eau. Notre espèce provient incontestablement de la nappe phréatique; elle n'est cependant pas sténotherme. Au Boulou, lors de nos derniers sondages, la température de l'eau était en effet de 22°,5 le 21 juin 1950, et nous avons récolté plusieurs centaines d'individus. Sur les bords du ruisseau de la Baillaurie la température était le 18 juin de 28° à 15^{h}; il faut noter que dans ces dernières conditions nous n'avons capturé que trois individus, et que nous n'avons pas retrouvé l'espèce les jours suivants. Au Boulou, *Parabathynella Fagei* se trouvait en compagnie de *Niphargus*. Des recherches systématiques en amont du Boulou, jusqu'à La Preste, n'ont pas permis la capture d'un seul individu.

La présence en France, dans les Pyrénées-Orientales, d'une espèce originale du genre *Parabathynella*, offre un grand intérêt du point de vue biogéographique.

BIOLOGIE. — *Étude de l'oxydation de l'alcool chez le Rat au moyen d'éthanol marqué au* C^{14}. Note de M. **Lubomir Dontcheff**, présentée par M. Robert Courrier.

L'emploi d'alcool radioactif a permis d'établir les courbes d'élimination du $C^{14}O_2$, traduisant l'oxydation de cette substance chez le Rat. Une part importante de l'éthanol est oxydée immédiatement, mais une certaine proportion doit être engagée dans des réactions de synthèse qui restent à préciser.

On considère actuellement que la fraction disparue de l'alcool introduit dans l'organisme animal est entièrement oxydée. Une des preuves invoquées est l'abaissement du quotient respiratoire après administration d'éthanol. Au cours de nos recherches sur les échanges respiratoires, nous avons obtenu dans des conditions expérimentales bien déterminées des quotients respiratoires ne pouvant s'expliquer par l'oxydation totale de l'alcool disparu. Afin de les expliquer et d'interpréter les nombreux résultats expérimentaux que nous avons accumulés à partir d'espèces fort différentes (Rat, Grenouille, *Sterigmatocystis nigra*), il nous était indispensable de savoir dans quelle mesure nous avions le droit de considérer que l'alcool disparu dans diverses conditions physiologiques était totalement oxydé. Seul l'emploi d'éthanol, marqué au C^{14} en position 1 ou 2, nous a permis de suivre par mesures de la radioactivité du CO_2 rejeté par l'organisme, le sort de l'alcool administré.

Nous présentons ici, par les courbes ci-contre, les résultats obtenus par injection intrapéritonéale de doses variables d'alcool à 20 % chez le Rat. Les Rats mâles, de souche Wistar, pesant 300^g, sont soumis au régime glucidique et placés à 28°. Immédiatement après l'injection, l'animal est enfermé dans une cage à métabolisme (volume 1^l), traversée par un courant d'air exempt de CO_2. Le CO_2 expiré est recueilli dans de la potasse à 40 %, les dosages sont faits de 15 en 15 minutes pendant la première heure, puis d'heure en heure. La radioactivité du $C^{14}O_2$ de l'alcool donné ou du CO_2 recueilli est mesurée (après transformation en $BaCO_3$) à l'aide d'un compteur-cloche. La détermination de l'activité de l'éthanol nécessite une oxydation préalable que nous avons effectuée au moyen de persulfate de potassium; la description de l'appareil d'oxydation ainsi que des porteurs mis au point par nous, sera donnée ailleurs (¹).

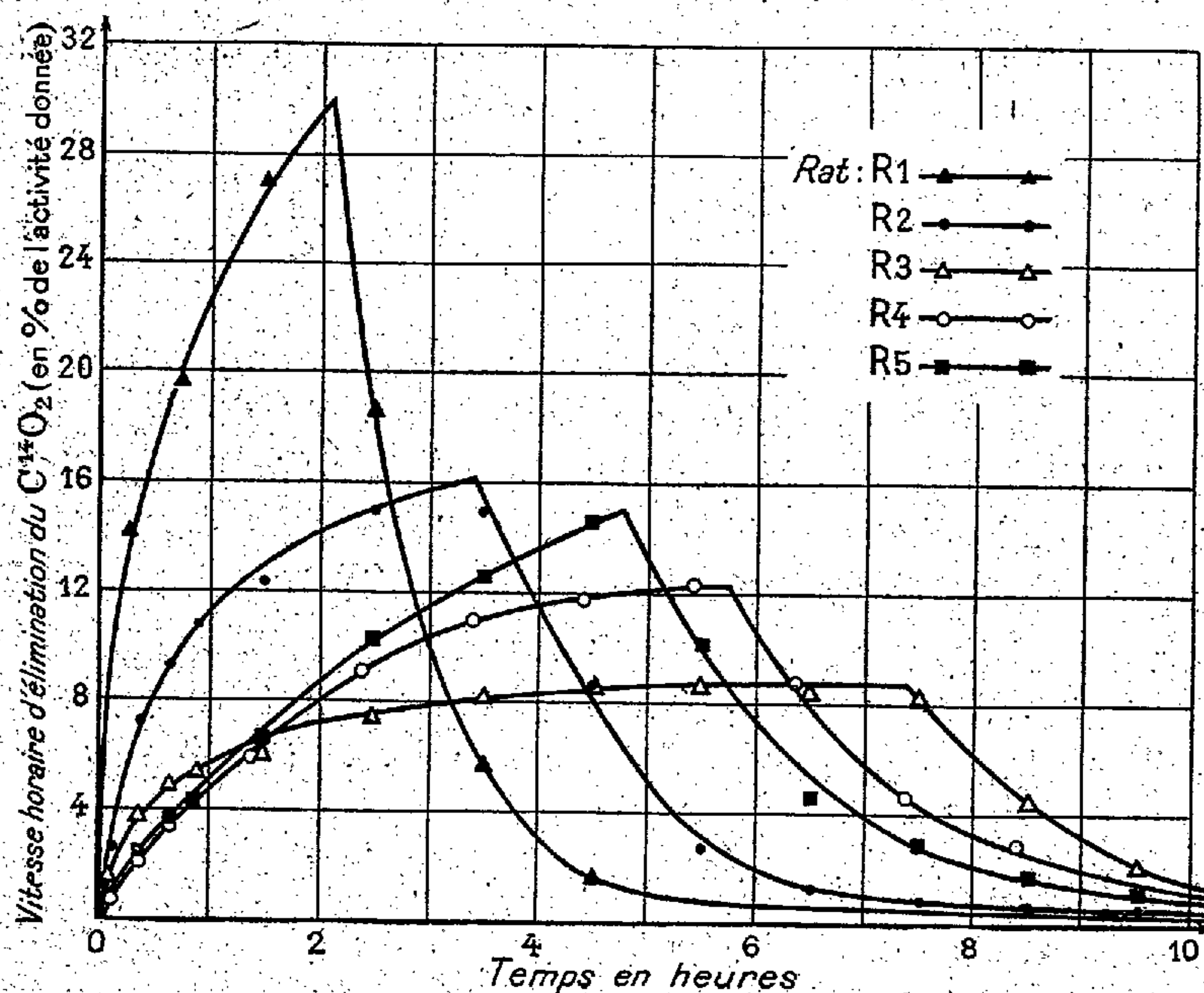
Ces courbes mettent en évidence le rôle tampon de la réserve alcaline du sujet dans l'élimination du $C^{14}O_2$. Elles trouvent un mode d'expression mathématique commun que nous exposerons dans un mémoire (¹). Les faits suivants ressortent directement de leur examen :

1° La production de $C^{14}O_2$ à partir des deux C de l'éthanol suit sensiblement la même évolution.

(¹) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1950 (à paraître).

2° La partie ascendante des courbes montre que l'alcool est oxydé dès son administration, sans temps de latence. Elle correspond à la phase de saturation de la réserve alcaline par le $C^{14}O_2$ formé.

3° Le palier traduit l'équilibre entre les vitesses de formation et d'élimination du $C^{14}O_2$. Lorsque les tissus ont oxydé tout l'alcool donné, la courbe



Les rats R_1, R_2 et R_3 ont reçu par kg animal respectivement 0g,78, 1g,32 et 2g,56 d'alcool et 8 microcuries environ de CH_3-$C^{14}H_2OH$ par rat; les rats R_4 et R_5 : 2g et 1g,71 d'alcool et la même dose de $C^{14}H_3$-CH_2OH.

présente une chute brusque qui correspond à la décharge du $C^{14}O_2$ de la réserve alcaline, ce phénomène dure 8 à 12 heures. A ce moment 75 % environ de l'activité donnée se retrouvent dans le CO_2 recueilli.

4° Deux jours après la disparition de tout l'alcool dans l'organisme, le CO_2 expiré montre encore un résidu d'activité, faible en valeur absolue, mais trop important pour relever uniquement de l'effet tampon de la réserve alcaline.

L'ensemble de nos recherches inédites nous permet de dire que dans certaines conditions expérimentales, une partie de l'alcool administré est intéressé dans des réactions de synthèse. C'est là qu'il faut chercher l'explication de la longue durée de l'élimination terminale du $C^{14}O_2$ (non figurée sur le graphique). Nous nous efforçons de fixer à quel stade de l'oxydation de l'éthanol se fait l'orientation vers des processus de synthèse [2].

---

[2] Mme Y. Chardon, collaborateur technique du C. N. R. S., nous a prêté son concours dans l'exécution de ce travail.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Changement de sexe et comportement sexuel de* Platynereis dumerilii (*Aud. et M.-Edw.*) (*forme atoque*). Note de M. **Marcel Abeloos**, présentée par M. Maurice Caullery.

Quatre formes de l'Annélide *Platynereis dumerilii* ont été décrites : deux formes hétéronéréidiennes et deux formes se reproduisant sans métamorphose épigame, l'une à sexes séparés, l'autre hermaphrodite protandrique (1). Ces deux dernières formes sont vraisemblablement identiques, comme le suggère Herpin (2), qui a observé la fécondation et l'incubation de la ponte par le mâle dans le tube de la femelle.

La forme atoque tubicole de *Platynereis dumerilii* paraît exister seule à Marseille, où elle a été signalée pour la première fois par Moquin-Tandon (3) sous le nom de *Nereis massiliensis*. On peut en obtenir au laboratoire le cycle complet de développement. La décapitation d'individus adultes ne provoque pas de transformation épigame après plusieurs semaines de survie. En élevage prolongé, l'alimentation étant constituée par des Ulves et des fragments d'Annélides, j'ai constaté, chez tous les individus mis en observation, le caractère fonctionnel de l'hermaphrodisme protandrique et j'ai pu étudier le comportement des individus au cours de leur transformation sexuelle.

Le délai nécessaire à la transformation d'un mâle fonctionnel, fécondant, isolé après l'incubation d'une ponte, en femelle pondeuse et fécondable a varié, dans mes élevages, de 2 à 4 mois. Les influences susceptibles d'être exercées sur ce délai par la saison, la température, la taille du mâle et, peut-être, la présence d'un conjoint, restent à préciser. Je puis cependant affirmer dès à présent que la maturité femelle n'est pas liée à une taille déterminée : on peut capturer au printemps des femelles mûres nettement plus petites que celles qui proviennent d'élevages poursuivis en hiver. Les femelles meurent toujours après la ponte.

Tous les individus se construisent en quelques heures des tubes soyeux, qu'ils allongent et épaississent lorsqu'ils y séjournent plusieurs mois. Ils en défendent les deux entrées contre les intrus (comportement de *territorialité*). Deux individus mis en présence d'un tube vide unique se livrent pour sa possession de violents combats à coups de mâchoires, où le plus gros est *dominant*. Ces traits de comportement ne disparaissent que chez les femelles porteuses d'œufs *complètement* mûrs, qui acceptent le mâle.

Les mâles subissent de la part des femelles, même encore éloignées de leur maturité, une attraction qui se manifeste par l'édification de leur tube au

(1) *Cf.* Caullery, *C. R. Soc. Biol.*, 81, 1918, p. 707.

(2) *Thèse*, Paris, 1926.

(3) *Ann. Sc. nat. Zool.*, 5e série, 11, 1869, p. 134.

voisinage du futur conjoint, les deux tubes étant généralement fixés dans les angles des récipients et *accolés sur toute leur longueur*. Cette attraction est souvent funeste au mâle, qui sert de proie à sa partenaire. Elle s'observe encore chez des mâles de grande taille en voie de transformation, qui ne sont plus aptes à la fécondation.

Une femelle mûre ne peut pondre qu'après cohabitation avec un mâle. Le contact d'une femelle mûre privée de son tube avec un mâle, ou avec le sperme d'un mâle dilacéré, ne déclenche pas la ponte. Par contre, lorsqu'on chasse du tube de la femelle le mâle qui n'y a séjourné que quelques instants, la ponte s'effectue normalement quelques heures après. Les œufs émis par la femelle sont toujours en voie de développement : la fécondation est *interne*. On peut cependant réaliser artificiellement la fécondation de gamètes libérés par dilacération d'individus mûrs.

Le sperme est vraisemblablement émis par la *rosette pygidiale* : un mâle à extrémité postérieure sectionnée, mis en présence d'une femelle mûre, ne la féconde qu'après régénération.

Des ondulations du corps assurant le renouvellement de l'eau dans le tube s'observent chez tous les individus : ces mouvements ne sont pas caractéristiques des mâles *incubants*. Les œufs fécondés se développent sans le secours du mâle, lorsqu'ils sont extraits du tube et convenablement aérés.

Un même mâle peut féconder successivement deux femelles à quelques jours d'intervalle et *incuber* leurs pontes. Je n'ai pu obtenir la fécondation de trois femelles. De plus, certains mâles de grande taille, vraisemblablement en voie de transformation, dévorent la ponte au lieu de l'incuber. Il ne semble donc pas que le fonctionnement d'un individu comme mâle ait pour effet de prolonger chez lui la période de sexualité mâle.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La différenciation sexuelle des élytres chez les Orthoptères gryllidés.* Note de M. **Robert Sellier**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Il est établi maintenant que la différenciation des caractères sexuels des Insectes n'est pas sous la dépendance des gonades. Le sexe et ses caractères somatiques sont considérés comme étant déterminés dès la fécondation et dépendant de l'action directe des gènes. Cependant, on connaît chez les Insectes des cas d'intersexualité liés à des troubles du métabolisme, engendrés par l'action parasitaire (Guêpes stylopisées, Membracides parasités par des Dryinides, etc.).

Afin de vérifier dans quelle mesure le métabolisme général d'un Insecte peut agir sur la différenciation de ses caractères sexuels, Kopec [1] a réalisé sur

---

[1] *Journ. Exp. Zool.*, 36, 1922, p. 465-475.

Lymantria dispar des expériences consistant à transplanter des disques imaginaux d'ailes de mâles, au dernier stade larvaire, sur des larves femelles du même âge, à la suite desquelles le sexe des greffons n'a pas été modifié par les porte-greffes du sexe opposé. Par ailleurs, Paul ([2]), transplantant sur des larves mâles d'*Orgyia* des disques imaginaux d'ailes femelles, aurait obtenu, mais sans réciprocité, un régénérat d'aile mâle en extirpant le greffon femelle après sa prise. Ces deux séries d'expériences, les seules réalisées à notre connaissance, n'avaient jamais été tentées chez les Insectes hémimétaboles. D'autre part, dans le cas des expériences de Kopec, en raison de l'âge avancé des larves et du très petit nombre de résultats obtenus (2 prises de greffes sur 120 expériences), il semblait intéressant de réaliser des expériences analogues, en les faisant porter sur un plus grand nombre d'Insectes et à des stades plus jeunes. Nous avons utilisé pour cela le Grillon champêtre (*Gryllus campestris*).

Chez les Grillons, le dimorphisme sexuel des organes du vol porte :

a. sur la nervation (certaines nervures des élytres étant transformées en appareil stridulant);

b. chez certaines espèces, sur la taille des élytres dans l'un et l'autre sexe, ceux des femelles étant lobiformes, tandis que ceux des mâles sont presque normalement développés leur région apicale étant seule plus ou moins réduite (cas de certains *Gryllodes*, par exemple). Seul le premier cas sera envisagé ici.

Expériences. — Elles consitent en échanges, par des transplantations unilatérales, dont la technique sera précisée ultérieurement, d'ébauches d'élytres de sexe différent. Des couples d'Insectes à l'état larvaire de sexe différent mais de même âge, réciproquement donneurs et récepteurs, sont ainsi constitués et isolés les uns des autres. Les expériences ont été effectuées sur des larves à différents stades, parfois très jeunes (2e, 3e, 4e, 5e, 6e, et 9e stades larvaires). Jusqu'à ce jour, 300 transplantations ont été réalisées dont 140 pour le seul 2e stade ([3]). A ce stade très précoce, les sexes ne sont d'ailleurs pas encore discernables extérieurement et les couples doivent être formés au hasard; seul les couples reconnus par la suite comme étant de sexe différent sont retenus ici.

Résultats. — Sur l'ensemble de ces transplantations, 61 prises de greffons ont été constatées de façon indiscutable à la mue suivante. Sur la cinquantaine d'Insectes parvenus au stade imaginal et dont, pour la plupart, les greffons ont acquis des dimensions normales, il n'a été constaté en *aucun cas* une action quelconque du porte-greffe sur le greffon, même chez ceux qui avaient été

([2]) *Arch. f. Entw. Mech.*, 136, 1937, p. 64-111.

([3]) En raison de la très petite taille des larves nouveau-nées, il ne nous a pas encore été possible de réaliser, avec succès, des transplantations sur les larves du premier stade.

opérés à un âge très précoce (2e stade) et qui avaient encore 9 mues à effectuer avant de parvenir au stade imaginal. Tous les élytres ainsi transplantés ont conservé leurs caractères sexuels propres jusque dans les moindres détails de la nervation.

La nullité de l'action du métabolisme du porte-greffe sur la morphologie d'un greffon hétérologue étant ainsi démontrée, il semble donc qu'il faille admettre définitivement l'hypothèse d'une autre différenciation sexuelle de chacune des régions du corps de l'Insecte, donc l'existence d'un sexe somatique très tôt différencié, vraisemblablement dès la fécondation comme nous l'indiquions précédemment, d'autant plus que, par ailleurs, des expériences identiques à celles de Paul ne nous ont donné aucun résultat sur le Grillon champêtre. En effet, un greffon sectionné près de sa base, après que sa prise est assurée, régénère un élytre de son propre sexe et non de celui du porte-greffe (1).

RADIOBIOLOGIE. — *Immunité conférée par l'hyperglycémie, contre les rayons X administrés à dose léthale*. Note de MM. **Jean Loiseleur** et **Georges Velley**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'hyperglycémie expérimentale confère un état d'immunité remarquable contre l'administration d'une dose léthale de rayons X.

L'hyperglycémie provoquée n'entraîne pas seulement la diminution de la radiosensibilité cutanée, diminution signalée dans une Note antérieure (1) : elle confère de plus un véritable état d'immunité contre une dose léthale de rayons X, administrée à l'organisme entier.

L'expérience a été faite sur le Rat. 54 rats blancs adultes, d'un poids moyen de 140^{g}, subissent une irradiation *in toto* avec une dose uniforme de 950 r (appareil Gaiffe à tension constante, $E = 180\,kV$, $i = 20\,mA$, distance $= 50^{cm}$, filtration $= 0^{mm},05\,Cu + 0^{mm},2\,Al$, durée de l'irradiation $= 45$ minutes).

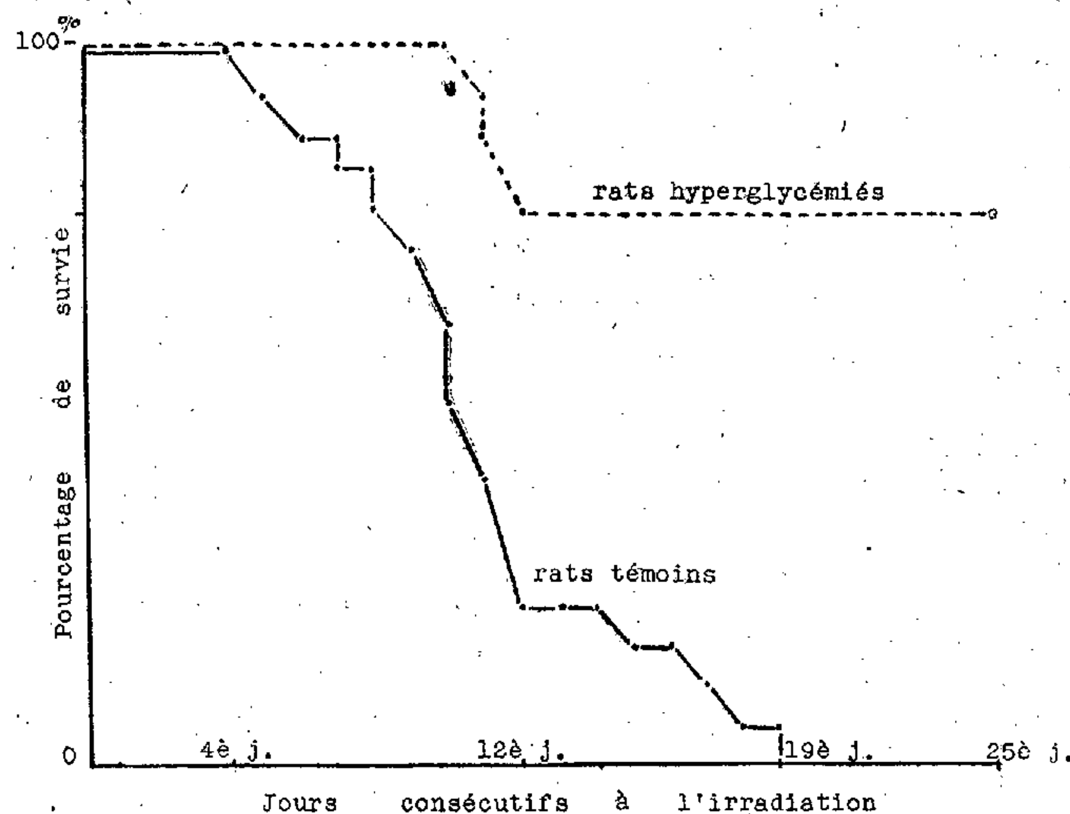
1. Un premier lot de 27 rats sert de témoin. Cette dose considérable de 950 r entraîne toujours la mort entre les 5e et 23e jours consécutifs, la mort survenant le plus fréquemment entre les 9e et 12e jours. On observe d'abord une diminution du poids qui se manifeste dès le lendemain de l'irradiation, s'accentue et atteint au moment de la mort 27,6 % en moyenne. Cette perte de poids est

(1) Signalons que si les greffes ne subissent pas, quant à leur différenciation sexuelle, l'action du porte-greffe, elles suivent néanmoins l'évolution physiologique de celui-ci. C'est ainsi que dans les quelques rares cas de néoténie constatés chez les porte-greffes, au cours des expériences, le greffon évolue de la même façon que les élytres témoins de l'hôte; il prend notamment en même temps que ce dernier, les caractères adultes, tout en omettant comme lui, la dernière mue larvaire.

(1) Fr. Baclesse et J. Loiseleur, *C. R. Soc. Biol.*, 141, 1947, p. 743 et 1160.

accompagnée de diarrhée et de prostration. L'autopsie montre, d'une façon presque constante, l'altération du foie et de la rate, et un amaigrissement considérable. En outre, une caséification du poumon s'observe chez les animaux qui meurent entre les 15e et 23e jours. Finalement, la totalité de ces animaux témoins sont morts au plus tard le 23e jour consécutif à l'irradiation.

2. Un deuxième lot de 27 rats subit, 45 minutes avant l'irradiation, une injection intrapéritonéale de glucose. Le volume de la solution aqueuse injectée est égal à 4^{cm^3} contenant 2^g de glucose, pour un rat du poids de 150^g. Ces animaux, ainsi hyperglycémiés (taux moyen de la glycémie, $1^g,45$/l, au lieu de $1^g,02$ chez les témoins) reçoivent la même dose d'irradiation que les témoins.



Sur ces 27 rats, 5 seulement meurent entre les 10e et 16e jours. Chez tous les autres, soit 81 %, on constate une augmentation du poids qui se manifeste aussitôt après l'irradiation. L'état général apparent reste excellent et constitue un contraste frappant avec la prostration et la cachexie des témoins. 25 jours après l'irradiation, l'augmentation de poids atteint 15,5 % en moyenne et ces animaux peuvent alors être considérés comme réfractaires aux effets immédiats de l'irradiation : *l'hyperglycémie leur a donc conféré une véritable immunité contre les rayons* X. L'expérience a été répétée trois fois. La courbe indique les résultats de la dernière expérience qui a porté sur 36 rats (18 témoins et 18 hyperglycémiés). Nous signalons que, dans les deux autres expériences, la totalité des rats amenés en hyperglycémie sont restés indemmes et que nous reproduisons à dessein les résultats de la troisième expérience où le pourcentage de survie a été le moins favorable.

3. Pour l'interprétation des faits, signalons d'abord que l'expérience a porté également sur l'action de l'acide ascorbique et de la cystéine. Ces substances ont donné des résultats généralement positifs, mais bien moins

constants qu'avec le glucose. Notamment, pour la cystéine, nous n'avons pas retrouvé, avec la dose élevée de 950 r que nous avons choisie, un effet protecteur comparable à celui que Patt, Tyree, Straube et Smith ([2]) ont obtenu pour une dose de 800 r.

Il semble bien qu'un certain effet *de compétition* ([3]) intervient pour partager l'effet du rayonnement entre, d'une part, les métabolites transitoires de la cellule et, d'autre part, ses constituants intrinsèques. Mais cet effet de partage ne suffirait pas à expliquer à la fois l'effet immunisant du glucose et son action privilégiée par rapport à la cystéine ou à l'acide ascorbique. L'interprétation des faits devient plus satisfaisante si l'on considère l'intervention de l'oxygène dissous à l'état libre, à l'intérieur de la cellule, intervention rencontrée déjà fréquemment en radiobiologie ([4]). On est conduit à penser que le glucose et ses propres métabolites intermédiaires captent une partie de cet oxygène et en diminuent ainsi la quantité susceptible à la fois de subir l'activation par le rayonnement et d'entraîner l'oxydation concomitante et *désordonnée* des constituants cellulaires intrinsèques.

Cette action immunisante du glucose semble constituer une base théorique pour un mode de protection des individus contre le rayonnement des engins à désintégration nucléaire.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Mode d'action de la pénicilline chez* Staphylococcus aureus. *Inhibition d'un système enzymatique extrait des bactéries.* Note de MM. **François Gros, Mirko Beljanski** et **Michel Machebœuf**, présentée par M. Maurice Javillier.

La pénicilline inhibe le catabolisme bactérien de l'acide uridylique et plus encore celui de l'acide guanylique. Parmi les dérivés de ces mononucléotides, seuls les nucléosides ont leur catabolisme bloqué par l'antibiotique. L'action inhibitrice de la pénicilline porte sur un système enzymatique que nous avons pu extraire des bactéries.

Les recherches antérieures ([1]), ([2]), ([3]) ont montré que la pénicilline inhibe le catabolisme de l'acide ribonucléique et des mononucléotides chez diverses espèces microbiennes. Mais on ignorait le mécanisme intime de l'interaction

---

([2]) *Science*, **110**, 1949, p. 213.

([3]) H. Fricke, E. Hart et H. Smith, *J. Chim. Phys.*, **6**, 1938, p. 229; W. Dale, *Biochem. J.*, **36**, 1942, p. 80.

([4]) J. Loiseleur et G. Velley, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 784; J. Loiseleur, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1901.

([1]) Gros et Machebœuf, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 858.

([2]) Gros et Machebœuf, *Ann. Inst. Past.*, **74**, 1948, p. 368.

([3]) Krampitz et Werkman, *Arch. of Biochem.*, **12**, 1947, p. 57.

entre l'antibiotique et le métabolisme nucléique, c'est-à-dire la nature de l'étape sensible de ce métabolisme. Ce problème est envisagé ici chez *Staphylococcus aureus* (souche Oxford Rl_1 sensible à 0,018 μg/ml).

Nous avons utilisé la technique manométrique de Warburg, car le Staphylocoque est capable d'oxyder le ribose présent dans l'acide ribonucléique ou dans ses dérivés. Dans chaque cupule, 1^{ml} de suspension de bactéries (culture de 24 heures sur bouillon glucosé additionné d'extrait de foie) renfermant 25^{mg} de microbes (poids sec), est mis en présence du substrat (tampon phosphaté M/30, pH 7,2, volume total 2^{ml}).

Dans une première expérience, la pénicilline (Spécilline G) est incorporée à la dose de $1800^{\mu g}$ (concentration élevée permettant d'éliminer d'emblée les étapes totalement insensibles). On mesure la consommation d'oxygène (température 37°C). Des témoins sans substrat permettent de soustraire le taux de respiration endogène.

Substrats.	Concentration (%).	QO_2 par mg (poids sec) après 10 heures. sans pénicilline.	avec pénicilline.	Taux d'inhibition (%).
Acide ribonucléique	1,5	6,2	2,0	67,7
» adénylique	0,7	6,0	6,3	0
» guanylique	0,7	6,8	1,8	73
» cytidylique	0,7	34,3	34,0	0
» uridylique	0,5	8,1	5,7	30
Adénosine	0,5	35,9	35,2	2
Guanosine	0,5	25,2	14,6	42
Cytidine	0,5	8,5	8,6	0
d-ribose	0,7	99,7	100,4	0
Ribose-5-phosphate	0,75	15,0	17,0	0

1° La pénicilline inhibe fortement l'oxydation du ribose de l'acide ribonucléique.

2° Deux nucléotides ont leur métabolisme perturbé : *acide guanylique* et, à degré moindre, *acide uridylique*. La pénicilline est sans influence sur l'oxydation des autres mononucléotides.

3° La pénicilline inhibe aussi l'oxydation de la *guanosine*. Par contre, elle n'a pas d'action pour les autres nucléosides étudiés ([4]).

4° Aucune modification ne s'observe dans la vitesse ou le taux d'oxydation du ribose lui-même ou du ribose-5-phosphate.

Des expériences avec des doses plus faibles d'antibiotique ont montré que l'*inhibition de l'oxydation de l'acide guanylique est encore considérable* (65 %) *avec seulement* 60 μg/ml.

([4]) Signalons que la Streptomycine (200 μg/ml) est sans action sur l'oxydation de l'acide guanylique ou de la guanosine par le Staphylocoque étudié.

A la suite de ces études manométriques, nous avons vérifié chimiquement que la pénicilline inhibe : 1° la déphosphorylation de l'acide guanylique (inhibition 70 % après 10 heures par 12 μg/ml de pénicilline); 2° la transformation de la guanosine en guanine et ribose (inhibition 40 % après 10 heures avec 600 μg/ml). Par contre, la pénicilline n'agit pratiquement pas sur la déphosphorylation de l'acide adénylique.

Les actions de la pénicilline rapportées ici sont bien dues à l'inactivation d'un système enzymatique (et non à des modifications de la perméabilité cellulaire); nous avons en effet obtenu, par broyage de staphylocoques en eau distillée, puis centrifugation à 15000 tours/min, *une solution qui oxyde les acides guanylique et adénylique*. La pénicilline à dose aussi faible que 30 μg/ml inhibe totalement (94 %) l'oxydation de l'acide guanylique et influence très peu l'oxydation de l'acide adénylique (même avec 120 μg/ml).

Substrat.	Concentration (%).	QO_2 par mg (poids sec) après 10 heures — sans pénicilline.	avec pénicilline (30 g/ml).	Taux d'inhibition (%).
Acide adénylique.....	0,7	9,2	8,2	10
Acide guanylique.....	0,7	7,9	0,4	94

Ces expériences prouvent que la pénicilline empêche, chez Staphylococcus aureus, l'utilisation des combinaisons nucléiques de la guanine. Elles constituent le premier exemple d'inhibition directe par l'antibiotique d'un système enzymatique non lié aux cellules.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les aminoesters non saturés.* II. *Relations entre la structure et les propriétés pharmacologiques de certains dérivés acétyléniques, éthyléniques et saturés de la série de l'acétylcholine.* Note (*) de M. **Israël Marszak**, Mme **Andrée Marszak-Fleury**, MM. **Joseph Jacob** et **Georges Montezin**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

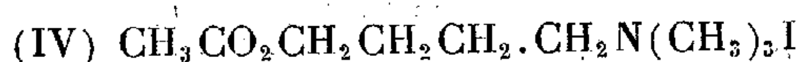
Dans une Note précédente ([1]) nous avons étudié plusieurs dérivés acétyléniques de la série de l'acétylcholine (I); l'un de ceux-ci, l'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-4 butine-2 : (II) $CH_3.CO_2.CH_2.C\equiv C.CH_2N(CH_3)_3I$ est caractérisé par une activité muscarinique particulièrement intense, supérieure à celle de l'acétylcholine.

Il nous a paru intéressant de rechercher si cette modification d'activité était due essentiellement à la présence de la fonction acétylénique ou si un autre groupement non saturé dans la même position n'exercerait pas une influence

(*) Séance du 3 juillet 1950.

([1]) I. Marszak, A. Marszak-Fleury, J. Jacob et G. Montezin, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 80.

analogue. D'autre part, nous avons voulu savoir si la position 1-4 respective des groupements aminés et esters n'était pas un facteur structural favorable. Nous avons donc étudié le comportement pharmacologique des composés éthylénique (III) $CH_3CO_2CH_2CH{=}CHCH_2N(CH_3)_3I$ et saturé


(IV) $CH_3CO_2CH_2CH_2CH_2.CH_2N(CH_3)_3I$

correspondants au dérivé acétylénique (II).

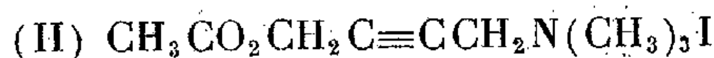
Le dérivé éthylénique (III) est un des homologues vinyliques de l'acétylcholine; nous avons étendu nos essais aux composés


(V) $CH_3CO_2CH_2CH{=}CH.C{\equiv}CCH_2N(CH_3)_3I$

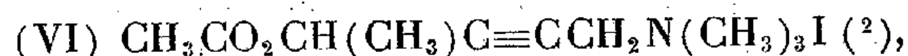
et


(VII) $CH_3CO_2CH(CH{=}CHCH_3)C{\equiv}C\,CH_2N(CH_3)_3I$,

homologues vinyliques de


(II) $CH_3CO_2CH_2C{\equiv}CCH_2N(CH_3)_3I$

et de


(VI) $CH_3CO_2CH(CH_3)C{\equiv}CCH_2N(CH_3)_3I$ [2],

de façon à savoir dans quelle mesure le principe de vinylogie était applicable à cette série.

A notre connaissance, les composés (III), (IV), (V) et (VII) n'ont pas été synthétisés jusqu'à présent. L'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-4 butène-2 (III), F 122-123°, a été obtenu selon deux méthodes différentes dont les détails chimiques seront exposés ailleurs [3] :

1° par semi-hydrogénation du composé acétylénique correspondant en présence de palladium comme catalyseur;

2° ou par iodométhylation suivie d'acétylation du diméthylamino-1 butène-2 ol-4, lui-même résultant de la semihydrogénation, en présence de nickel, de l'alcool acétylénique correspondant.

Les produits obtenus par les deux voies sont identiques; toutefois, les méthodes d'obtention de ces composés (hydrogénation sélective) n'excluent pas leur contamination par des traces de composés acétylénique et saturé correspondants.

L'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-4 butane (IV), F 138-139°, homologue directement supérieur de l'acétyl-γ-homocholine, a été préparé par iodométhylation suivie d'acétylation du diméthylamino-1 butanol-4. L'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-6 hexène-4 ine-2 (V), F 114°, a été obtenu par iodométhylation du diméthylamino-1 acétoxy-6 hexène-4 ine-2. L'iodure de triméthylammonium-1 acétoxy-4 heptène-5 ine-2 (VII) F 145°, a été syn-

(2) F 111° et non F 106°, comme il avait été indiqué par erreur dans notre première communication.

(3) I. MARSZAK et A. MARSZAK-FLEURY (en préparation).

thétisé de façon analogue à partir du diméthylamino-1 acétoxy-4 heptène-5 ine-2, base obtenue elle-même par l'action de la diméthylamine et du formaldéhyde sur l'acétoxy-3 hexène-4 ine-1.

TABLEAU.

Activités muscariniques et nicotiniques de dérivés acétyléniques, éthyléniques et saturés de la série de l'acétylcholine.

	Activité muscarinique (block cardiaque chez le Chien) (a).	Activité nicotinique (hypertension chez le Chien atropinisé) (a).
(I) $CH_3CO_2.CH_2CH_2N(CH_3)_3Cl$	1	1
(II) $CH_3.CO_2.CH_2.C{\equiv}C.CH_2.N(CH_3)_3I$..........	5-20	1/2-1/4
(III) $CH_3.CO_2.CH_2.CH{=}CH.CH_2N(CH_3)_3I$	1/4-1/10	1-2
(IV) $CH_3.CO_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.N(CH_3)_3I$......	1/5	1/2
(V) $CH_3.CO_2.CH_2.CH{=}CH.C{\equiv}C.CH_2.N(CH_3)_3I$.	1/10	1/3
(VI) $CH_3.CO_2.CH.C{\equiv}C.CH_2.N(CH_3)_3I$.......... $\qquad\qquad\quad$ | $\qquad\qquad\quad CH_3$	1-2,5	1/2-1
(VII) $CH_3.CO_2.CH.C{\equiv}C.CH_2.N(CH_3)_3I$.......... $\qquad\qquad\quad$ | $\qquad\qquad\quad CH{=}CH.CH_3$	0 (b)	1/6

(a) Pour faciliter les comparaisons, nous avons exprimé ces activités, non en valeurs absolues, mais par rapport à celle de l'acétylcholine prise comme témoin dans chaque expérience.

(b) En réalité cette substance provoque parfois, à fortes doses, un block cardiaque transitoire; ce dernier est toutefois inconstant et sa nature muscarinique prête à des discussions qu'il serait trop long de considérer ici.

Le Tableau ci-dessus, qui résume nos résultats, montre tout d'abord le contraste qui existe entre le dérivé acétylénique (II), très actif, et les composés éthylénique (III) et saturé (IV) qui le sont peu. L'influence du chaînon — C≡C — paraît donc lui être propre. D'autre part, les activités muscariniques des homologues vinyliques (III), (V) et (VII) sont chaque fois nettement inférieures à celles des corps de départ (I), (II) et (VI); les variations de l'activité nicotinique sont moins importantes. Conformément à l'opinion de Mentzer (4) on serait donc tenté de considérer que l'activité muscarinique de l'acétylcholine dépend moins des interactions entre les deux extrémités de la molécule que de nombreux facteurs, connus ou inconnus, tels la forme, la masse moléculaire, le nombre total d'électrons π, etc.

---

(4) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 30, 1948, p. 384.

HISTOCHIMIE. — *Sur la nature des matières organiques de l'ivoire dentaire chez les Vertébrés.* Note de M. **Charles Bennejeant**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Phylogénétiquement, les dents dérivent des écailles dermiques et n'en diffèrent que par leur localisation buccale. Par la suite, au cours de l'évolution, se produisit une adaptation fonctionnelle, tandis que des dents contractaient secondairement des rapports avec les os de la cavité buccale.

En résulte-t-il que la nature osseuse l'emporte dans la constitution de l'organe, comme l'ont affirmé, sans contrôle chimique, les anatomistes, faisant des matières organiques de l'ivoire un collagène osseux et du cément une différenciation osseuse ? Les concepts histologiques en sont probablement responsables, qui considèrent l'émail comme d'origine ectodermique et l'ivoire comme endodermique. Niée par Retterer, cette origine vient encore d'être mise en doute par G. R. de Beer (1949), du fait de l'intervention des crêtes neurales, qui implique une origine ecto-mésenchymateuse des ondontoblastes.

L'étude chimique se révèle défavorable à l'opinion qui fait de la substance organique dentaire un collagène. En effet, nous avons montré :

1° *La présence de tyrosine.* — Soumises à la réaction xanthoprotéique par l'acide nitrique, les dents prennent une coloration jaune due à la formation de dérivés nitrés benzéniques.

Le réactif de Millon donne la coloration rouge caractéristique, même sur des dents séchées depuis fort longtemps. L'émail ne prend aucune teinte, alors que la vaso-dentine et le cément se colorent intensément et l'ivoire un peu moins. Les dents prennent ainsi l'aspect de dents fraîchement extraites à racines sanglantes. Les plus belles colorations ont été données par les molaires de l'Éléphant d'Afrique, où le cément coronaire et l'ivoire alternent avec l'émail non coloré. Un objet d'os et un objet d'ivoire se distinguent par la coloration de ce dernier au réactif de Millon. Les colorations les plus vives m'ont été données par la vaso-dentine des dents pavimenteuses de Poissons. Systématiquement, j'ai soumis à l'action du réactif de Millon les dents des genres les plus variés (*Crocodilus, Boa, Gadus, Leo, Hydrochœrus, Cervus, Sparus, Galeus, Pristis, Sus, Delphinus*, etc.), qui m'ont toutes donné une réaction positive.

L'azoréaction à partir de benzidine, sur des dents humaines, donne naissance à un colorant azoïque brun rougeâtre.

La présence de tyrosine explique enfin la pathogénie de la mélanodontie infantile de Beltrami, dont la cause échappait aux praticiens. Elle permet de comprendre les relations hormonales du système dentaire avec les glandes thyroïdiennes et surrénales.

2° *La présence d'aminoacides soufrés.* — Les acides aminés à fonction thiol peuvent seuls donner des réactions colorées, or, dans l'organisme, ce sont les amino-acides à fonction disulfure qui représentent les substances fixes. Il faut démasquer le soufre par des réducteurs sous pH alcalin. La réaction de Buffa au nitroprussiate de potassium, modifiée par Giroud (cyanure de potassium) et Shearer (acide acétique) donne une coloration bleue. Je l'ai obtenue dans toutes les dents des Vertébrés examinées par moi. Mais cette réaction ayant été très critiquée, je lui préfère celle du soufre.

La dent est mise à bouillir dans une solution de soude à 40 % quelques minutes et l'on ajoute de l'acétate de plomb. La dent devient bistre et noircit légèrement ainsi que la solution. Le sulfure de sodium formé à partir du soufre de la dent donne un précipité de sulfure noir de plomb.

Abandonnée à elle-même, la dent reblanchit par sulfatation du sulfure. Si la dent est débarrassée par un lavage prolongé de tout acétate de plomb non fixé et qu'on la soumette à des vapeurs de sulfure d'ammonium, elle renoircit. On peut donc affirmer la présence de soufre dans la dent, au niveau de l'ivoire.

La présence simultanée de tyrosine et d'aminoacide sulfuré permet d'identifier le peptide. Par des coupes sèches, je me suis assuré qu'aucune localisation ne se produisait et que les colorations diverses obtenues intéressaient tout l'ivoire. Il semble bien s'agir d'une kératine. Les déterminations ultérieures permettront de connaître si l'on est en présence d'une eukératine (5 % de cystine) ou d'une pseudokératine (1 à 3 %).

MICROBIOLOGIE. — *Induction de la lyse bactériophagique de la totalité d'une population microbienne lysogène* (¹). Note de MM. André Lwoff, Louis Siminovitch et Niels Kjeldgaard, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une culture de *Bacillus megatherium* lysogène, certaines bactéries se multiplient sans libérer de bactériophages et perpétuent la souche lysogène alors que d'autres produisent des bactériophages qu'elles libèrent par lyse (²). Dans les conditions habituelles, durant la croissance exponentielle, seul un faible pourcentage de bactéries produit des bactériophages (²), (³).

Grâce à une irradiation ultraviolette effectuée dans certaines conditions,

---

(¹) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

(²) A. Lwoff et A. Gutmann, *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 711-739.

(³) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1219-1221; *Ann. Inst. Pasteur*, 1950 (à l'impression).

nous avons réussi à induire la lyse bactériophagique de la totalité d'une population bactérienne lysogène.

B. megatherium est cultivé dans un milieu à base d'extrait de levure ([2]). Durant la phase exponentielle, lorsque le nombre de bactéries atteint $34 \times 10^6/cm^3$ la culture est soumise, en couche de 2^{mm}, à l'action d'une lampe à vapeur de mercure à haute tension donnant à la surface du liquide une énergie de 2000 $ergs/mm^2/min$ pour la radiation 2537 Å. La culture est alors agitée à 37°. La densité optique (d. o.) augmente pendant 80 minutes environ. Le taux de croissance (nombre de doublements en 1 heure) normal est de 3. Il est voisin de 1,5 aussitôt après l'irradiation. Au environs de la 80ᵉ minute, alors que la d. o. a été multipliée par un facteur 3 à 4, on assiste à la lyse bactérienne : la culture s'éclaircit en 40 à 80 minutes. La proportion des bactéries survivantes est souvent inférieure à 10^{-4}. La lyse est accompagnée de la libération d'environ 70 à 150 bactériophages par bactérie. Des résultats analogues ont été obtenus avec des irradiations de 20, 30, 90 ou 120 secondes.

Les cultures en milieu synthétique, irradiées de 1 à 60 secondes dans ce même milieu, ne se lysent pas. En revanche, si une culture en milieu levuré est centrifugée et suspendue en milieu synthétique, puis irradiée 5, 10, 20 ou 30 secondes, elle subira une lyse bactériophagique. Enfin, si une culture en milieu synthétique est additionnée d'extrait de levure et irradiée immédiatement 10, 20, 30 ou 60 secondes, il n'y a pas de lyse. Mais l'irradiation effectuée après 20 ou 40 minutes (lorsque la d. o. a augmenté de 50 % environ), déclenche la lyse bactériophagique. Le rayonnement U. V. n'induit donc la production de bactériophages que chez des bactéries ayant vécu 20 à 40 minutes dans un milieu organique complexe, en l'espèce un extrait de levure.

L'irradiation de 30 ou 60 secondes en milieu levuré d'une culture de *B. megatherium* non lysogène ne modifie apparemment pas la croissance. La lyse de la souche lysogène n'est donc vraisemblablement pas l'effet direct du rayonnement U. V.

Il a été démontré précédemment que toutes les bactéries d'une souche lysogène sont capables de perpétuer le caractère lysogène ([2]). Les expériences décrites, qui ont été complétées par une étude des bactéries irradiées et isolées en microgouttes, démontrent maintenant que toutes les bactéries d'une population lysogène sont capables, dans des conditions déterminées, de se lyser avec libération de bactériophages.

MICROBIOLOGIE. — *Inactivation par les rayons X du virus responsable de la sensibilité au CO_2 chez la Drosophile.* Note de M. **Philippe L'Héritier** et Mme **Nadine Plus**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La marche de l'inactivation du virus par les rayons X est du type courbe à un coup. Le diamètre de la cible est de $42^{m\mu}$.

La sensibilité au CO_2 est une anomalie physiologique qui a été découverte en 1938, par L'Héritier et Teissier et a fait depuis l'objet de nombreux travaux. Une revue en a été faite récemment par L'Héritier (1). Cette sensibilité est le seul symptôme connu de la présence dans l'organisme de la Drosophile d'un agent particulaire auto-reproductible, normalement transmis par les gamètes, qui a été appelé génoïde par L'Héritier et Teissier. La transmission de la sensibilité peut se faire également par l'injection d'un extrait de mouches sensibles dans une mouche résistante (2). Le génoïde se comporte donc, à ce point de vue, comme un virus, et l'on peut lui appliquer les méthodes d'études habituelles des virus. Il paraît intéressant, en particulier, d'étudier le rythme d'inactivation des suspensions virulentes par les rayons X.

Technique d'irradiation. — Les irradiations sont effectuées sur des extraits liquides, obtenus par broyat de mouches sensibles dans du Ringer et centrifugation à froid, pendant 15 minutes à 3000 tours/min. Le surnageant, riche en protéines et en pigment, contient environ 3000 unités infectantes par millimètre cube. Il est irradié sous une épaisseur de 2^{mm}. La longueur d'onde est 0,9 Å et le temps d'irradiation ne dépasse jamais 20 minutes (3).

Méthode de dosage. — La méthode utilisée pour doser la virulence des suspensions de génoïdes a été décrite récemment par l'un de nous (4). Elle est basée sur la relation qui lie le temps d'incubation, présenté par les mouches qui ont reçu une injection virulente, et le nombre d'unités infectieuses injectées. Ce temps augmente quand le titre diminue; l'effet d'une dose d'irradiation est ainsi comparable à celui d'une dilution.

Cette méthode de détermination de la fréquence des survivants suppose admis que les particules inactivées ne gênent ni l'implantation, ni la multiplication normales des particules restées actives. Pour les concentrations en unités virulentes que nous avons utilisées, une telle interférence ne paraît pas exister. Nous avons, en effet, réalisé l'expérience suivante : Nous opérons quatre dilutions progressives d'un extrait infectieux, dont l'activité a été réduite

(1) *Heredity*, 2, 1948, p. 325-348.

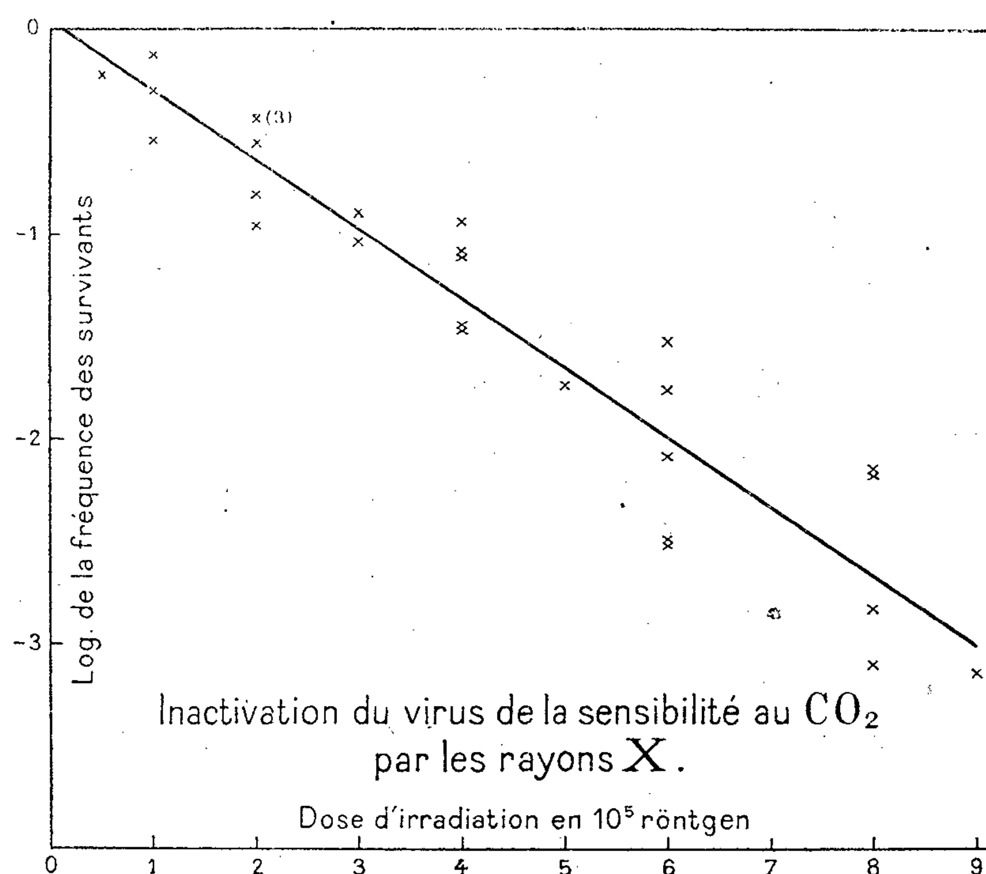
(2) L'Héritier et Hugon de Scoeux, *Bul. biol. France-Belgique*, 81, 1947, p. 70-91.

(3) Les irradiations ont été faites dans le laboratoire de M. Latarjet.

(4) Plus, *Exper. Cell. Res.*, 1, 1950, p. 217-233.

au 1/10 par irradiation et injectons ainsi quatre lots de drosophiles. Les temps d'incubation observés montrent que la dilution d'un extrait irradié conduit au même résultat que celle d'un extrait non irradié de même titre apparent. Il n'en serait pas ainsi s'il y avait interaction entre particules actives et inactives.

Résultats. — Nous avons réalisé 9 expériences d'irradiation comportant chacune l'emploi de plusieurs doses. Les 28 points obtenus sont représentés sur le graphique; les doses incidentes d'irradiation sont portées en abscisse



et les logarithmes de la fréquence des survivants en ordonnée. La droite dessinée est la ligne de régression de l'ordonnée sur l'abscisse. On voit que les points expérimentaux ne présentent pas d'écarts systématiques par rapport à cette droite. Elle passe très près de l'origine, point par lequel elle devrait théoriquement passer.

Discussion. — Il est banal de trouver une loi semi-logarithmique dans l'inactivation des virus par les rayons X. L'interprétation classique est la suivante : L'inactivation de chaque particule résulte d'une ionisation unique produite à l'intérieur de sa partie sensible. La pente de la droite du graphique permet alors de calculer la dimension de ce volume sensible ou cible. Pour ce calcul, il faut connaître la dose d'inactivation, c'est-à-dire celle qui correspond à un coup au but en moyenne. Nous la trouvons ici égale à $(1,8 \pm 0,08).10^5$ röntgens. Mais elle doit être corrigée pour tenir compte de la diminution de l'intensité du rayonnement dans l'épaisseur du liquide. D'après les indications de M. Latarjet, ceci conduit à adopter $(0,92 \pm 0,06).10^5 r$ comme dose réelle d'inactivation. En se servant des abaques, basés sur la méthode des volumes

associés, publiés par Lea ([5]), on obtient $42^{m\mu} \pm 1$ comme diamètre du volume sensible du génoïde. Ce résultat permet de le classer parmi les virus de petite dimension.

MICROBIOLOGIE. — *Affinités neurotropes du vaccin jennérien.* Note de MM. **Constantin Levaditi** et **Aron Vaisman**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'un de nous ([1]) a formulé, dès 1921, la conception des *Ectodermoses neurotropes*, infections provoquées par des ultravirus à affinités sélectives non seulement pour les systèmes tissulaires dérivés de l'ectoderme proprement dit (revêtement cutané, cornée), mais encore pour ceux issus de l'ectoderme invaginé, névraxe et ses annexes. Le virus de l'herpès est le prototype de ce dernier groupe d'ultragermes. La vaccine jennérienne, que l'on considérait jusqu'alors comme exclusivement ectodermotrope, pouvait-elle (grâce à un artifice expérimental) être transformée en un mutant à la fois dermotrope et neuronophile, et appartenir ainsi à ce groupe des *Ectodermoses neurotropes*? Les recherches de C. Levaditi et Nicolau ([2]) prouvèrent, dès 1921, qu'une telle mutation était possible. En effet, par des passages d'abord intratesticulaires, puis intranévraxiques (lapin), il devenait possible de transformer le vaccin dermotrope en une souche neurotrope mortellement encéphalopathique par inoculation directe (*neurovaccin*). Le fait fut confirmé et l'on utilisa même ce neurovaccin (dépourvu de germes adventices) à la vaccination antivariolique de l'homme.

Mais s'agissait-il de mutants véritablement neurotropes, en d'autres termes, le virus vaccinal, dit neuronophile, s'attaquait-il aux éléments nobles du système nerveux central, neurones et névroglie? Les examens histologiques de l'encéphale d'*animaux adultes* (lapins, cobayes, souris) ne tardèrent pas à montrer que ces éléments nobles restaient à l'abri de toute atteinte et conservaient leur intégrité morphologique. Seul le système mésodermique du cerveau (méninges corticales et basales, plexus choroïdes et septums; vaisseaux sanguins) offrait des altérations inflammatoires et exsudatives. Force fut donc d'admettre que l'encéphalite neurovaccinale expérimentale était une *mésodermose* névraxique sélective, dépourvue de caractères cytopathologiques effectivement neurotropes.

Nous en étions là lorsque, tout récemment, des recherches préliminaires prouvèrent que *si l'on se place dans des conditions expérimentales particulières, le vaccin jennérien peut devenir neuronophile, au véritable sens du terme.*

([5]) *Actions of radiations on living cells*, Cambridge, 1946.

([1]) C. Levaditi, *Ectodermoses neurotropes*, Paris, 1921; *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 370.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, **85**, 1921, p. 345; *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 870; *idid.*, **174**, 1922, p. 249; *Ann. Inst. Pasteur*, **37**, 1923, p. 1.

Expériences. — Vaccine adaptée au lapin et rendue encéphalitogène par des passages testiculaires (souche Nélis et Lafontaine).

1° *Souris adultes.* — Une émulsion d'orchite vaccinale du lapin 468 est inoculée, par voie névraxique, à huit souris, lesquelles succombent du 4e au 8e jour, avec des lésions encéphaliques exclusivement mésodermiques (résultats identiques lors des passages ultérieurs).

CONCLUSION. — *Répétée à plusieurs reprises avec la souche Nélis et Lafontaine (ou le neurovaccin de Levaditi et Nicolau), cette expérience prouve que la vaccine adaptée au lapin est exclusivement mésodermotrope pour la souris adulte.*

2° *Souriceaux.* — Nous inspirant des essais réalisés par Dalldorf [3] avec le virus Coxsackie, montrant que certaines des souches de ce virus sont intensément encéphalitogènes et myopathogènes pour les très jeunes souris, nous avons inoculé, par voie transcranienne, quatre souriceaux âgés de deux jours. Les animaux sont morts entre le 3e et le 5e jour, après avoir présenté de vagues signes nerveux.

Examen histologique. — Outre des altérations méningées, septales et hémorragiques, *le cerveau de ces jeunes souris a présenté des lésions parenchymateuses dénotant une affinité sélective du virus pour les neurones et la névroglie.* Le processus est localisé, de préférence, dans les couches de la corne d'Ammon, autour du ventricule médian ou tout contre la corticalité. Il se traduit par des *formations cavitaires*, contenant des neurones plurinucléolés dégénérés. Il débute par une diapédèse de polynucléaires picnotiques et de petits monocytes à noyau hyperchromatique, cette diapédèse ayant pour siège les couches ammoniques. Les noyaux des cellules nerveuses offrent les caractères distinctifs de la *dégénérescence ballonnée* (oxyphilie du nucléoplasme et disposition excentride de la chromatine), caractères ressemblant à ceux de l'herpès. A cela s'ajoutent la chromatolyse et la présence de fines granulations basophiles, ou fortement colorées (Giemsa), incluses dans des vacuoles. Neuronophagie et rares cinèses. Donc altérations, présentant une certaine similitude avec celles occasionnées par les virus Coxsackie, mais moins marquées.

CONCLUSIONS. — *A la condition d'inoculer le vaccin jennérien adapté au Lapin, dans l'encéphale de souriceaux âgés de deux jours, il est possible de mettre en lumière une affinité hautement neurotrope de ce vaccin. Alors que des souris plus âgées ou adultes ne réagissent que par des lésions exclusivement mésodermiques, des souris venant à peine de naître permettent de démontrer la neuronophilie de l'ultragerme vaccinal. Ces données préliminaires confirment la théorie suivant laquelle le virus vaccinal doit être classé parmi les* Ectodermoses neurotropes.

La séance est levée à 15h 55m.

R. C.

---

(3) Virus isolés par DALLDORF et SICKLES, *Science*, **108**, 1948, p. 61; *Bull. Acad. Med. N. Y.*, **26**, 1950, p. 329, dont nous confirmons les résultats.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1950.

Traité de Géographie physique, par Emmanuel De Martonne. T. I : *Notions générales. Climat. Hydrographie.* T. II : *Le relief du sol.* T. III : *Biogéographie*, avec la collaboration d'Auguste Chevalier et Lucien Cuénot. Paris, Armand Colin, 1940; 3 vol. 25^{cm},5.

Direcção geral de Minas e serviços geológicos. *Bibliografia hydrológica do império português*, par Luis de Menezes Corrêa Acciainoli. Lisboa, 1949; 1 vol. 26^{cm}.

L'Expansion de l'Univers, par Paul Couderc, in *Nouvelle collection scientifique*. Paris, Presses universitaires de France, 1950; 1 vol. 19^{cm}.

Ministère des Travaux publics, des Transports et du Tourisme. Secrétariat général à l'aviation civile et commerciale. Météorologie nationale. *Climatologie appliquée*, par Joseph Sanson. T. I. Texte II : *Planches*. Édition de 1943, révisée en 1948. Paris, Blondel La Rougery, 1949; 2 vol. 27^{cm}.

Que sais-je? Le goudron de houille, par Jean Beck. Paris, Presses universitaires de France, 1950; 1 vol. 17^{cm},5.

Radio. Radar. Télévision, par Marcel Boll. Paris, Larousse, 1950; 1 vol. 20^{cm}.

Aimé Bonpland, explorateur de l'Amazonie, botaniste de la Malmaison, planteur en Argentine (1773-1858), par René Bouvier et Édouard Maynial. Paris, Sedes, 1950; 1 vol. 23^{cm} (présenté par M. A. Chevalier).

Météorologie et physique du Globe. T. I. *Météorologie nautique*, par Jules Rouch. Deuxième édition revue et augmentée. Paris, Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1950; 1 vol. 25^{cm}.

Les fondements de la géographie humaine. T. II. *Les fondements techniques*. Première partie : *Les techniques de la vie sociale. Les techniques et la géographie de l'énergie. La conquête de l'espace*. Deuxième partie : *Les techniques de production et de transformation des matières premières*, par Max Sorre. Paris, Librairie Armand Colin, 1950; 2 vol. 25^{cm},5.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. De Witte (1933-1935). Fasc. 66. *Siromyzidæ* (*Diptera cyclorrhapha*), par J. Verbeke. Fasc. 67. *Genera Hæmatopota and Hippocentrum* (*Diptera*, fam. *Tabanidæ*), by H. Oldroyd. Bruxelles, 1950; 2 fasc. 28^{cm}.

Id. — Mission H. Damas (1935-1936). Fasc. 15. *Isopodi Terrestri*, per A. Arcangeli. Bruxelles, 1950; 1 vol. 28^{cm}.

(*A suivre*.)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 JUILLET 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

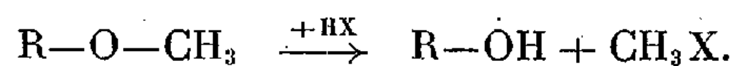
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Orthoquinone de la série anthracénique : diphényl-*9.10-*anthraquinone*-1.2. Note (*) de MM. **Charles Dufraisse** et **Jacques Robert**.

Description du passage de diquinols dérivés des diphénylanthracènes diméthoxylés en 1.4 et 1.2 aux quinones-1.4 et 1.2 correspondantes. La seconde n'était pas connue : elle appartient à un type de quinones extrêmement rare en série anthracénique.

L'étude antérieure ([1]) sur les phénomènes halochromiques présentés par les quinols anthracéniques diméthylaminés a été étendue aux quinols méthoxylés. Nous supposions que le méthoxyle, $—O—CH_3$, se comporterait jusqu'à un certain point comme le diméthylaminogène, $—N(CH_3)_2$, en raison de la tendance de l'oxygène oxydique à former des sels oxoniums. On devait ainsi obtenir avec les acides forts les sels colorés (I), auxquels convient le nom de *sels fuchsoniums*, rappelant l'analogie avec les sels fuchsonimoniums (II).

Il fallait cependant s'attendre à une différence marquée dans cette action des acides en raison de la sensibilité du méthoxyle à l'hydrolyse, principalement par les hydracides :



$$R—O—CH_3 \xrightarrow{+HX} R—OH + CH_3X.$$

C'est ce point particulier qui fait l'objet de la présente Note.

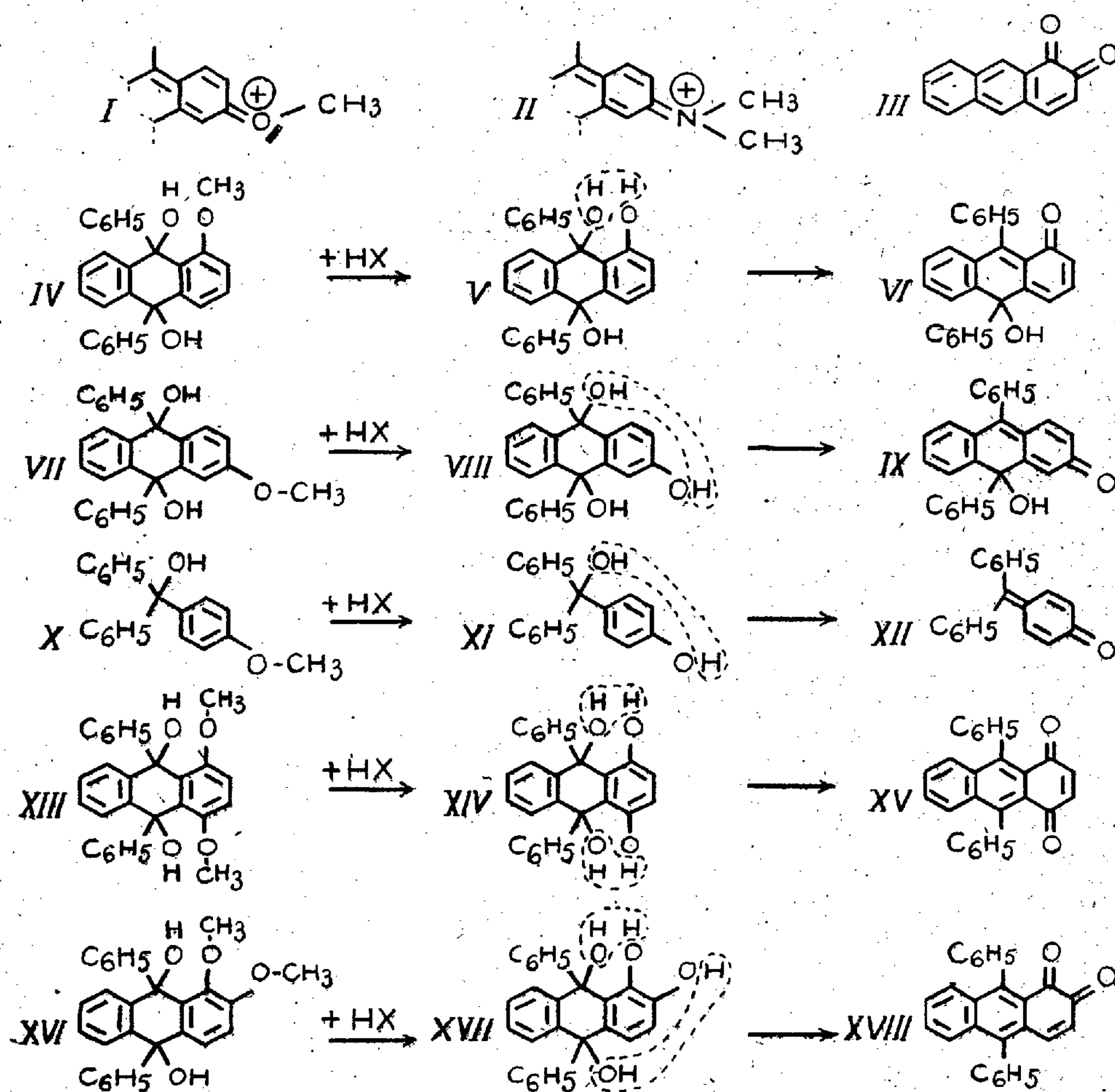
Théoriquement une telle hydrolyse, portant sur un quinol anthracénique monométhoxylé, devrait donner un dérivé anthracénique du quinométhane [IV → VI et VII → IX], tout comme on l'a constaté ([2]) dans la série corres-

(*) Séance du 3 juillet 1950.

([1]) Jacques Robert, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1738; Ch. Dufraisse et Jacques Robert, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 798.

([2]) A. Bistrzycki et C. Herbst, *Ber.*, 36, 1903, p. 2333.

pondante du triphénylcarbinol [X → XII]. En fait, l'hydrolyse, avec réarrangement de type quinonique, n'a été observée indubitablement chez les corps anthracéniques que si elle s'exerce à la fois sur deux fonctions. Le produit résultant est alors une quinone.



Ainsi en est-il avec les deux diquinols diméthoxylés-1.4, stéréoisomères (XIII) ([3]). Traités par une solution d'acide chlorhydrique à 1 % dans l'acide acétique, les deux corps ne paraissent pas réagir à froid et, en tout cas, ne développent pas de coloration notable. Mais, si l'on chauffe quelques instants à l'ébullition, les cristaux incolores se dissolvent en donnant une liqueur jaune ocre, d'où précipite abondamment à froid la diphényl-9.10 anthra-

([3]) Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 9, 1942, p. 171.

quinone-1.4 ($C_{26}H_{16}O_2$) (XV), identique au produit préparé antérieurement à partir de la quinizarone ([4]).

Cette nouvelle synthèse de l'anthraquinone (XV) confirmerait une fois de plus, s'il en était besoin, la rectitude de la formule du quinol (XIII), et, par suite, celle de l'hydrocarbure diméthoxylé-1.4 qui en dérive par réduction. La constitution de ce dernier composé a son importance, puisqu'elle est liée au phénomène de la dissociation à froid du photooxyde correspondant ([5]). A ce point de vue il n'est pas dénué d'intérêt de rappeler que la structure du même corps ([6]), ainsi que celle de la quinone (XV) ([7]), ont été confirmées par des recoupements aussi décisifs.

Le diquinol diméthoxylé en 1.2 ([8]), (XVI), manifeste au départ des apparences différentes. Dès le contact à froid avec la solution acide, il prend une couleur rouge vif et se dissout en donnant une liqueur de même teinte. A chaud, la transformation en diphénylanthraquinone ortho ($C_{26}H_{16}O_2$) (XVIII) est rapide et constitue une méthode de préparation du corps.

Le diquinol (XVI) est chauffé à l'ébullition pendant trois minutes avec cinq fois son poids d'une solution d'acide chlorhydrique à 2 % dans l'acide acétique; la quinone se dépose par refroidissement.

C'est un corps orangé rouge, cristallisant sans solvant en alcool éthylique. Il présente trois points de fusion (fusions instantanées au bloc Maquenne) : l'un vers 213°, un autre vers 216° et enfin un troisième à 220°, après un chauffage préalable de quelques minutes sous vide à 200°.

Cette quinone représente une sorte très rare de composés puisqu'on ne connaît dans la série anthracénique que deux autres orthoquinones à *fonction simple* : l'orthoanthraquinone type elle-même (III), sans substituant d'aucune sorte, et son produit de doublement en 4.4'.

Avec les autres quinols diméthoxylés, l'action des acides est plus compliquée et fait l'objet d'études en cours.

([4]) Ch. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **14**, 1947, p. 1037.

([5]) Ch. Dufraisse, L. Velluz et Mme L. Velluz, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1822; *ibid.*, **209**, 1939, p. 516; Ch. Dufraisse et L. Velluz, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **9**, 1942, p. 171.

([6]) A. Étienne et G. Bichet, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1154.

([7]) A. Étienne et R. Heymes, *Bull. Soc. Chim.*, (5), **14**, 1947, p. 1038.

([8]) Des deux stéréoisomères théoriquement possibles, un seul est connu : c'est un corps dimorphe, fondant instantanément à 190°, sous la forme de losanges massifs, et à 201° sous la forme d'aiguilles. C'est sur lui qu'a porté l'étude.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Boragacées. Développement de l'embryon chez le* Cerinthe minor *L.* Note de M. **René Souèges.**

Par ses formes les plus générales, le *Cerinthe minor* représente, parmi les Boragacées, un type embryonomique nouveau qui vient se ranger à côté de celui du *Gilia tricolor* dans la famille embryogénique dont le *Geum urbanum* est l'archétype. Il offre cependant des irrégularités profondes qui seraient l'indice d'une origine composite.

Le genre *Cerinthe* comprend seulement sept à huit espèces, habitant l'Europe, l'Asie occidentale et l'Afrique septentrionale. Dans les classifications courantes, il vient se placer, par son style gynobasique, ses fleurs régulières et l'insertion en surface plane de ses achaines, à côté des genres *Myosotis* et *Lithospermum*. Il convient de savoir dans quelle mesure les observations embryogéniques autorisent de semblables rapprochements.

Par division transversale de la cellule basale du proembryon bicellulaire (*fig.* 1 et 2) et division oblique de la cellule apicale, prend naissance une tétrade de la catégorie B_2 comportant au sommet deux cellules *a* et *b* dissemblables et hétérodynames (*fig.* 3 et 4). A la période suivante des divisions, il apparaît un proembryon nettement octocellulaire (*fig.* 6) résultant de la segmentation transversale de la cellule inférieure de la tétrade, *ci*, de la division longitudinale de l'élément intermédiaire *m*, de la division également longitudinale méridienne de l'élément *b*, et de la formation, dans *a*, d'une paroi oblique amenant la différenciation, au sommet, d'une cellule épiphysaire. Les quatre éléments issus de *a* et de *b*, autrement dit de *ca*, correspondent à des quadrants. La tétrade et le proembryon octocellulaire ont été souvent rencontrés et sont apparus comme des formations vraiment constantes. En comparant le proembryon octocellulaire du *Cerinthe* au même proembryon du *Myosotis hispida* (¹), dont les huit éléments ont même disposition, mais dont le mode d'origine est essentiellement différent, on pourra se faire une idée des divergences singulières qu'offrent certaines Boragacées, considérées cependant comme très voisines, dans leurs processus embryogéniques. Les quatre quadrants donnent naissance à la partie cotylée *sensu lato*.

A partir du proembryon octocellulaire, on observe, chez le *Cerinthe*, de profondes variations qui procèdent surtout du mode de cloisonnement, longitudinal ou transversal, de l'élément *n* du proembryon. Les formes rencontrées le plus souvent se rattachent incontestablement à un proembryon dans lequel l'élément *n* se segmente d'abord longitudinalement. Il en est ainsi en 8, 9, 11, où se montrent les deux premières cellules juxtaposées; en 14, 17 où ces deux premiers éléments ont produit quatre cellules circumaxiales; en 18, 19, 21, où, par divisions longitudinales, ces quatre cellules ont engendré une assise cellulaire qui partage tous les caractères cytologiques des assises sus-jacentes; en 22, 23 où, dans cette assise, se sont établies des parois transversales, à la suite desquelles se différencie la région du corps correspondant au rudiment de la racine.

Au cours de ces segmentations, l'élément *o*, issu de la division transversale de l'élément *n'* du proembryon octocellulaire (*fig.* 8, 9), se divise à son tour longitudinalement pour

---

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 173, 1921, p. 726 et 848; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 385.

donner deux (*fig.* 14, 21), puis quatre cellules circumaxiales (*fig.* 22, 23), qui, se cloisonnant deux fois transversalement en direction basipète d'une manière générale (*fig.* 24, 28), engendrent trois couches cellulaires dont la supérieure représente les initiales du périblème de la racine, les deux autres la portion médiane de la coiffe (*fig.* 26, 28). Comme on le voit, l'élément *o* doit être considéré comme une véritable cellule hypophysaire, comparable à l'élément *n* du proembryon dodécacellulaire du *Myosotis hispida*. Parfois, *o* se cloisonne d'abord transversalement (*fig.* 17); dans ce cas, c'est sa cellule-fille supérieure qui se comporte comme cellule hypophysaire.

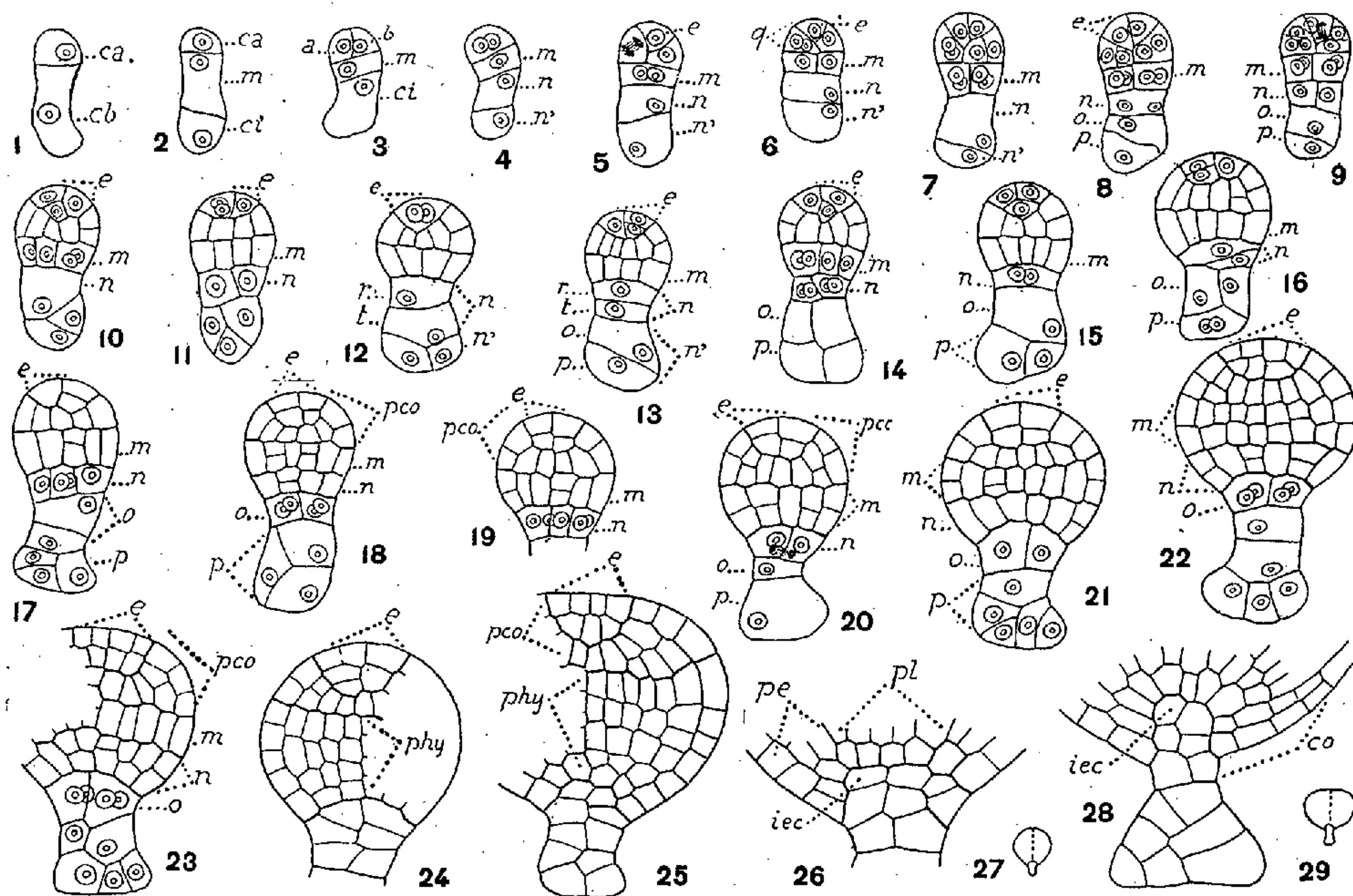


Fig. 1 à 29. — *Cerinthe minor* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb*; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci*; *r* et *t*, cellules-filles de *n*; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *pco*, partie cotylée *sensu lato*; *phy*, partie hypocotylée; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *co*, coiffe. En 27 et 29, aspect général de l'embryon d'où sont tirés les détails des figures 26 et 28. G. = 290; 30 pour les figures 27 et 29.

D'autres variations se produisent quand *n* se segmente tout d'abord transversalement (*fig.* 12, 13) ou obliquement (*fig.* 16); il se constitue alors deux éléments superposés, *r* et *t*, remplaçant dans leurs fonctions, *r* la cellule-mère *n*, et *t* l'élément *o*. Dans d'autres cas, par suite de certaines irrégularités des divisions dans *n'* ou par suite de retards de la segmentation dans *n* et *n'* (*fig.* 11 et 20 par exemple) *m* semble produire l'hypocotyle tout entier, *n* l'hypophyse seulement, *o* et *p* le suspenseur *sensu stricto*. Étant données toutes ces variations, on conviendra qu'il est difficile, dans la plupart des formes qui suivent la différenciation du proembryon octocellulaire, de bien identifier les blastomères issus de *cb*, et de reconnaître exactement l'origine des diverses parties de la région moyenne du corps de l'embryon.

Les processus de division dans les quatre quadrants produits par la cellule apicale sont tout à fait comparables à ceux qui ont déjà été décrits en d'autres

occasions, particulièrement au sujet du *Geum urbanum* ([2]), chez lequel le mode d'origine et les destinées de ces éléments sont les mêmes. C'est ce qui permet de rattacher à la famille embryogénique du *Geum*, l'embryon du *Cerinthe minor*. Chez le *Myosotis hispida*, on rencontre au sommet du proembryon quatre éléments groupés de pareille manière et se comportant de façon identique, mais leur origine est bien différente puisqu'ils sont engendrés, non par la cellule apicale, mais par sa cellule-fille supérieure, cellule terminale d'une tétrade en C_2, et sont ainsi homologues d'octants. Des différences égalements très profondes séparent le *Cerinthe* du *Lithospermum* ([3]); dans ce dernier, la tétrade est en C_2 comme chez le *Myosotis* et le proembryon octocellulaire présente cinq étages au lieu de quatre, les deux étages du sommet étant composés des quatre quadrants disposés en deux dyades superposées; en outre, il ne se différencie pas de cellulaire hypophysaire. S'écartant de toutes les Boragacées examinées jusqu'ici, le *Cerinthe* se rapproche par contre du *Gilia tricolor* ([4]), Polémoniacée chez laquelle se rencontrent des formes quadri et octocellulaires identiques, par l'origine et la disposition de leurs blastomères, à celles qui ont été observées chez le *Cerinthe minor*. Une seule différence est à noter; elle réside dans l'origine des initiales de l'écorce au sommet radiculaire. En aucun cas, chez le *Cerinthe*, il n'a été possible de remarquer la formation de ces initiales aux dépens de l'étage *n*.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Sur la structure de l'Adrar mauritanien occidental.* Note de M. **Théodore Monod**.

L'Adrar de Mauritanie (Afrique Occidentale Française) occupe l'extrémité Sud-Ouest du bassin primaire de Taoudeni et est essentiellement constitué par une série paléozoïque de couverture (Cambrien à Dévonien supérieur) principalement gréseuse et le plus souvent sub-horizontale.

La série est, dans son ensemble, régulièrement monoclinale; l'alternance de grès quartziteux en bancs ruiniformes massifs et de grès plus tendres (à *colonnettes*, chloriteux, feldspathiques) ou de schistes, a provoqué le dégagement d'une série de cuestas, au nombre de huit principales, et pouvant atteindre (falaise d'Hamdoun) plus de 450m de hauteur. Le tracé des *côtes* est simple et, en général, parallèle au grand pli de fond SW-NE auquel appartient l'Adrar.

La terminaison en *sifflet* de la couverture sur le socle au SW (Iriji-Graret el Fras), l'absence de toute percée conséquente *complète*, déjà remarquée par

---

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, p. 1070 et 1197; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., Partie spéciale, 1948, p. 47.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2142.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 543; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., Partie spéciale, 1948, p. 52.

R. Perret, donnent à penser : 1° que le relief n'a pas subi depuis le déblayage initial de recul important; 2° que l'évacuation des matériaux a été assurée principalement par les réseaux subséquents pour les *côtes internes*, pour la *côte marginale* par l'érosion latérale ayant provoqué la formation des pédiments extérieurs, sans qu'une incursion marine récente doive, semble-t-il, être invoquée. L'âge de la formation des *côtes* est inconnu.

La haute muraille Hamdoun-Atar-Rallaouya, ou *Grand Dhar*, prolongée au Sud-Ouest par la falaise des Ibi, sépare un *glacis septentrional* (occupé par l'étalement en éventail, vers le Nord et le Nord-Est, des couches du *complexe de base* échappées de la partie inférieure du Grand Dhar à la charnière d'Hamdoun) de la *table gréseuse* doucement inclinée vers le Sud-Est et où se relaient, superposées, une série de surfaces structurales appartenant au Silurien et au Dévonien, ce dernier au centre du synclinal; les pendages sont imperceptibles, les plateaux pratiquement horizontaux.

Sur le glacis, le réseau hydrographique est régulièrement adapté aux directions générales du relief, avec des oueds subséquents, coulant au Nord-Est (O. Amojjiar, etc.) ou au Sud-Ouest (O. Seguelil) ayant tronçonné par les percées conséquentes de Foum Chor et de Taïzent la gouttière subséquente d'Azougui-Tarademt, alimentée par de nombreux ravins conséquents du tassili inférieur (Aguent, Ilij, etc.).

L'Adrar tabulaire a un faîte principal, NW-SE [Amojjiar (700^{m}), crête de Zezga (715^{m}), Aouinet Ncher], d'où la direction des oueds subséquents, opposés par leur sommet, de Chinguetti (NE) et d'Oujeft (SW); au même versant que ce dernier appartiennent, plus au moins parallèles, les oueds Iriji, Timinit, Nbeïké et Nkedeï, ces trois derniers confluant en un canyon unique pour franchir la passe de Hanouk et se perdre dans la cuvette ensablée, extérieure au massif, d'El Marfag. Un faîte secondaire, très aplati, se situerait vers Tazazmut-le Richat.

Un accident NW-SE, orthogonal au pli de fond, coupe l'Adrar en deux et a profondément bouleversé le réseau hydrographique : cet accident central, s'étendant de Toungad au Tamga sur environ 160^{km}, est une flexure faillée qui, de Toungad à Dayet-et-Tefla redresse une crête rectiligne de grès de Chinguetti, en arrière de laquelle s'installent, au pied de la *côte* suivante (grès d'Oujeft), de direction NW-SE comme la faille, des oueds subséquents qui, tout en étant tout à fait normaux quant au relief *local*, ont une direction absolument aberrante quant à *l'ensemble* du plateau : l'Oued Touerga coulant NW-SE paraît conséquent sur le plateau alors qu'il est subséquent (et séparé par l'étroit chaînon d'Eïmeurt de l'Oued el Abiod) obséquent, coulant en sens inverse; l'Oued Ouakcheddat coule SW-NE; les deux oueds Touerga et Ouakcheddat, dans le prolongement l'un de l'autre, se réunissent à l'Oued Timinit, qui fait partie, lui, du réseau *normal*.

Les oueds Iriji et Oujeft, subséquents, paraissent avoir été capturés par

l'érosion remontante du seul oued obséquent important de l'Adrar (O. el Abiod) qui leur a ouvert un exutoire sur la plaine.

Si le plateau est, dans son ensemble, sub-horizontal, il apparaît tectoniquement moins simple qu'on ne le supposait jusqu'ici.

Outre l'accident central, il y a nombre d'autres failles, dont certaines sont importantes (Foum Joul, Choum, Aghmaku, etc.), et une infinité de diaclases pouvant par leur ampleur intéresser parfois la topographie (canyons rectilignes, par exemple Oued Ighad de direction SW-NE);

La rareté des filons doléritiques, faisant contraste avec les régions plus orientales du bassin de Taoudeni, est à signaler : six seulement sont actuellement connus [Rallaouya, El Malha (El Beyyed), Aghmaku, Chinchan, Fares, Hassi Taleb].

Les plissements peuvent être violents mais sont toujours très localisés; outre le gaufrage occasionnel des schistes cambriens (Tourfin, Iriji, etc.), une série d'accidents individuels (flexure faillée d'Hamdoun, plis de Dhiyat Lembarek, d'El Oujerat, etc.), associés au grand accident central (plis de Chatou, de Jouali, de Jouelat, de Dayet-et-Tefla, de Nkedeï), ou groupés dans la région Toul-Toumbodji-Tufaruf-Tiridiwal-Guelb el Abiod (au Nord d'Oujeft), on doit distinguer tout un compartiment plissé de l'Adrar, et en occupant essentiellement le Sud (Ard er-Rgeïta) et la bordure Sud-Ouest. Une série de plis SE-NW, où les synclinaux ont conservé un Dévonien marin fossilifère, calcaire et gréseux, se juxtaposent entre la faille du Tamga à l'Est, appartenant à l'accident central, et le Précambrien à l'Ouest; localement, à proximité du socle, le Primaire peut être redressé à la verticale. Toute la bordure Sud-Ouest jusqu'au Guelb Herne (où existe un petit synclinal dévonien) et à Graret el Fras est ainsi plus ou moins plissée, la direction de ces accidents étant plus ou moins orthogonale par rapport à l'axe du bassin de Taoudeni.

Le Primaire paraît se terminer en biseau sur le Précambrien, en bord de cuvette et avoir dû aux oscillations épirogéniques du socle ses plissements marginaux.

Enfin une catégorie particulière est constituée par des accidents circulaires, cratériformes ou en boutonnière [1]; si les cratères d'explosion de Temimichat-Ghallaman et de Tenoumer se trouvent en pays cristallin, le cratère d'Aouelloul est ouvert dans les grès paléozoïques : situé par 20°15 N et 12°41 W, il est parfaitement circulaire, de 250^m de diamètre interne, à fond plat, dominé d'une enceinte continue (+ 30^m au point culminant). La muraille, sans matériel détritique, sans broyages et sans la moindre trace de coulées, est constituée par des grès paraissant plus ou moins inclinés à la fois

---

[1] J. Richard-Molard, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 142-143; *ibid.*, p. 213-214; *Rev. Géogr. Lyon*, 24, 1949, p. 309-318, pl. 1, 2 figures.

vers le plateau extérieur et vers la cuvette centrale. Il s'agit peut-être d'un cratère d'explosion avorté, *embryonnaire*, sans projections ni arrachements. La découverte à proximité du cratère d'un verre de silice noir, contenant des traces de nickel [2], est toutefois à signaler, vu l'association plusieurs fois constatée de verres de cette nature et de cratères météoritiques.

M. **Paul Fourmarier** fait hommage de la troisième édition de son Ouvrage : *Principes de Géologie*, en deux volumes.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Gabriel Bertrand** et **Albert Portevin** sont désignés pour représenter l'Académie au **VIe Congrès national de Chimie pure et appliquée**, qui aura lieu à Milan, du 17 au 23 septembre 1950.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture. Conférence technique internationale pour la protection de la Nature. Lake Success, 22-29 août 1949. *Procès-verbaux et Rapports*.

2° Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc National Albert. *A travers plaines et volcans au Parc National Albert*, par R. Hoier.

3° Id. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fasc. 63, 64, 65.

4° *Prelungirea functiilor neanalitice. Integrarea prin conditii la limita*, de Constantin Popovici.

5° Académie bulgare des sciences. *Isvestia na Institoutite sa eksperimentalna meditchina, sotchnalna meditchina, obtcha biologia i veterinarno-eksperimentalna meditchina*. Kniga I.

Il signale également un fascicule polycopié : Muséum national d'Histoire naturelle. Service de Muséologie. Exposition Buffon (24 juin-15 septembre 1949). *Inventaire des Documents présentés*.

---

(2) Dr W. Campbell Smith et Dr Hey, (*inéd.*, 1950).

TOPOLOGIE ALGÉBRIQUE. — *Cohomologie dans les espaces fibrés.*
Note de M. **Arnold Shapiro**, présentée par M. Élie Cartan.

1. Soit p une application fibrée [1] d'un espace localement compact et paracompact E sur un autre D avec des fibres compactes F. Soit $\mathcal{D}$ une carapace [2] fondamentale sur D; soit $\mathcal{E}$ une carapace fine sur E avec coefficients dans un anneau A. Si l'on définit des supports nouveaux dans $\mathcal{D}$ par $s'(a)=p^{-1}(s(a))$ pour $a\in\mathcal{D}$, on a une carapace $\mathcal{D}'$ sur E. Notons $\mathcal{D}\star\mathcal{E}$ la carapace *séparée* et *complète* sur E, associée à la carapace $\mathcal{D}'\otimes\mathcal{E}$. On voit facilement que $H(\mathcal{D}\star\mathcal{E})\approx H(\mathcal{E})\approx H(E, A)$. L'anneau $\mathcal{D}\star\mathcal{E}$ est équivalent à celui que Leray [3] appelle anneau de l'application p. Il contient un sous-anneau canoniquement isomorphe à $\mathcal{D}_A=\mathcal{D}\otimes A$, que l'on identifiera avec $\mathcal{D}_A$. Avec ces hypothèses et ces notations l'on prouve :

Théorème 1. — *Si* $H(F, A)$ *est un module libre sur* A, *et si* $\pi_1(D)$ *opère d'une manière triviale sur* $H(F, A)$, *il existe un* $\mathcal{D}_A$*-isomorphisme* β *de* $L=\mathcal{D}\otimes H(F, A)$ *dans* $\mathcal{D}\star\mathcal{E}$ (*considérés tous deux comme* $\mathcal{D}_A$*-modules*) *qui possède les propriétés suivantes:*

a. $\beta(L)$ *est stable pour l'opérateur de cobord d;*

b. $H(\beta(L))$ *est isomorphe à* $H(\mathcal{D}\star\mathcal{E})=H(E, A)$;

c. $d\beta(D\otimes H^n(F, A))\subset\sum_{m\leq n-1}\beta(D\otimes H^m(F, A))$.

On construit β, d'abord sur $\mathcal{D}\otimes H^0(F)$, puis de proche en proche sur les $\mathcal{D}\otimes H^n(F)$, par récurrence sur n. L'isomorphisme β n'est pas unique; une fois qu'il est choisi, l'isomorphisme b est canoniquement déterminé. Cet isomorphisme n'est d'ailleurs pas en général un isomorphisme d'anneau; c'est un isomorphisme *additif*; plus précisement, c'est un isomorphisme pour la structure de H(D, A)-module dont on peut munir d'une manière évidente les groupes en question.

2. Comme première application de ce théorème, on en déduit le théorème de Gysin [4] sur les espaces fibrés en sphères de dimension n. En vertu du théorème 1, on a $H(E, A)\approx H(Q)$ où Q est un $\mathcal{D}_A$-module ayant pour base deux éléments z^0, z^n dont les cobords sont $dz^0=0$ et $dz^n=w$; w est un cocycle de $\mathcal{D}_A$ de degré $n+1$ et représente la classe caractéristique pour l'espace fibré. On en déduit que $H(D)/(w\cup H(D))$ est isomorphe à un sous-anneau N de

---

(1) Ou *projection* de l'*espace fibré* E sur la *base* D; ces termes sont pris ici au sens défini par exemple dans Steenrod (*Ann. of Math.*, 45, 1944, p. 294).

(2) Pour la théorie des carapaces, *voir* les Notes miméographiées du cours de H. Cartan, à l'Université Harvard (1948) et à l'École Normale Supérieure (1948-1949).

(3) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1366-1368 et p. 1419-1422.

(4) *Comm. Math. Helv.*, 14, 1942, p. 61-122.

H(E), et le groupe H(E)/N est isomorphe (avec degrés élevés de n) à l'annulateur de w dans H(D). Cet énoncé est équivalent à la structure trouvée par Gysin. Ici il n'y a pas à imposer de conditions restrictives aux espaces D, E et F.

3. On utilise le théorème 1 pour la démonstration d'une conjecture de Montgomery et Samelson (5).

THÉORÈME 2. — *Soit* E *l'espace euclidien à n dimensions; soit p une application fibrée de* E *sur un espace* D, *dont la fibre* F *soit compacte; p est alors un homéomorphisme.*

La démonstration se divise en deux cas : 1° H(F) est égal à zéro, sauf en dimension o où il est isomorphe à l'anneau de coefficients A; 2° il y a un élément $\{u\} \in H^n(F)$ tel que $\{u\} \neq 0$, $n \neq 0$. Dans le premier cas, un théorème de Vietoris implique que dim $(D) \geq n$, ce qui est impossible, en vertu du théorème de Brouwer sur l'invariance du domaine, à moins que p ne soit un homéomorphisme. Dans le deuxième cas, un théorème de P. A. Smith (6) implique que F est connexe et D simplement connexe. On peut alors appliquer le théorème 1 avec un corps de coefficients. Si u est un cocycle de $\mathcal{D}_A$ dont la classe est non nulle et de dimension maximum, et si $z^n \in H^n(F)$ est de dimension maximum n, il est aisé de voir que $d\beta(u \otimes z^n) = dv$, avec $v \in \sum_{m<n} \beta[\mathcal{D} \otimes H^m(F)]$. Il s'ensuit que $\beta(u \otimes z^n) - v$ est un cocycle qui ne peut pas être cobord à moins que u n'en soit un, ce qui n'est pas. Alors $\beta(u \otimes z^n) - v$ représente une classe de cohomologie de E_n qui n'est pas nulle. On a donc une contradiction

THÉORIE DES OSCILLATIONS. — *Sur certains mouvements périodiques à déferlements.* Note (*) de M. **Théodore Vogel**, présentée par M. Joseph Pérès.

On considère les équations

$$(1) \qquad \frac{dx}{X(x, y)} = \frac{dy}{Y(x, y)} = \frac{dt}{T(x, y)},$$

où X, Y, T sont des fonctions analytiques, comme représentant le mouvement de l'affixe d'un système physique de coordonnées généralisées x, y, au cours du temps t. L'affixe suivra évidemment la trajectoire

$$(2) \qquad R(x, y) = r,$$

solution de $dx/X = dy/Y$; jusqu'à sa rencontre avec la courbe (T) d'équa-

(5) *Duke Math. J.*, 13, 1946, p. 51-56.

(6) *Amer. J. of Math.*, 63, 1941, p. 1-8.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

tion $T(x, y) = 0$; à partir de cet instant t', qui correspond à une discontinuité du mouvement, la suite de celui-ci ne sera déterminée (comme elle doit l'être pour des raisons physiques) que moyennant l'adjonction d'une condition de continuité fournie par la Physique, soit

$$S(x, y, t'+0) = S(x, y, t'-0) = s. \tag{3}$$

Les points des (R) situés sur (T) sont attractifs ou répulsifs suivant le signe de $XT'_x + YT'_y$; s'il existe des (R) qui soient tangentes à (T), leurs points de contact découpent sur (T) des zones de points alternativement attractifs et répulsifs. Si l'on admet qu'une (S) régulière coupe (T) en un point au moins de chacune de ces catégories, le mouvement de l'affixe consiste en un déplacement à vitesse finie le long d'une (R), d'un point répulsif vers un point attractif de (T), puis d'un saut à vitesse infinie le long de la (S) passant par ce dernier point jusqu'à son intersection répulsive avec (T), suivi d'un déplacement le long de la (R) passant par ce point répulsif, et ainsi de suite. On a en somme une suite d'oscillations à déferlements brusques, qui sont la forme limite que tendent à prendre les oscillations de relaxation lorsque le paramètre croît indéfiniment.

Parmi les mouvements ainsi définis, certains peuvent être périodiques, la même (R) étant indéfiniment recommencée; on trouve aisément que ces solutions périodiques correspondent, dans l'espace de représentation (r, s), aux points doubles de la transformée de (T) par (2) et (3); et qu'elles sont stables si la branche répulsive passant par le point double considéré a une pente supérieure à celle de la branche attractive.

Si les (S) ont un nœud en un point répulsif de (T), ou que les (R) en aient un en un point attractif, on trouve que le régime transitoire se réduit à une seule oscillation, l'affixe empruntant la trajectoire périodique dès son premier déferlement, quelle qu'ait été sa position initiale.

On peut montrer que ce cas remarquable est celui du multivibrateur d'Abraham et Bloch constitué par deux lampes à courants de grille négligeables et à pentes constantes dans un certain intervalle, nulles en dehors de lui. Les équations ont alors la forme

$$\frac{du_1}{a_2 u_2 - b_1 u_1 + g_1} = \frac{du_2}{a_1 u_1 - b_2 u_2 + g_2} = \frac{dt}{a_1 a_2 - b_1 b_2}, \tag{4}$$

où les u sont les tensions de grille, et les a, b, g des constantes à l'intérieur de (T), laquelle est un rectangle ayant pour deux des côtés des segments des axes. La condition (3) est $u_1/u_2 = s$, obtenue en postulant la continuité des charges des capacités de couplage; de sorte que les (S) sont des droites ayant un nœud à l'origine, laquelle est un point répulsif de (T). Ainsi, le multivibrateur doit prendre son régime définitif dès après sa première oscillation.

Cette conclusion a été vérifiée expérimentalement avec une précision très

satisfaisante, au cours d'une étude où l'on a relevé les oscillogrammes d'établissement de régime pour des montages tant symétriques que dissymétriques; de plus l'allure des courbes $u_1(t)$, $u_2(t)$ à l'état de régime est bien celle que permet de prévoir la discussion des (4) à la lumière de la théorie ci-dessus.

ÉLASTICITÉ. — *Étude directe des équilibres élastiques en présence de déformations non compatibles.* Note (*) de M. **Franco Lévi**, transmise par M. Gustavo Colonnetti.

On connaît l'importance des contraintes qui peuvent exister dans un solide élastique, indépendamment de l'action de toute charge extérieure, lorsque certains éléments du corps présentent des déformations non compatibles.

A ces états de contrainte particuliers, M. Colonnetti ([1]) a donné le nom d'*états de coaction*. Dans ce qui suit nous adopterons cette définition et nous désignerons par

$$\bar{\varepsilon}_x, \ \bar{\varepsilon}_y, \ \bar{\varepsilon}_z, \ \bar{\gamma}_{yz}, \ \bar{\gamma}_{zx}, \ \bar{\gamma}_{xy},$$

les composantes de la déformation non compatible qui donne naissance au phénomène qui nous occupe.

Dans les ouvrages classiques de *Théorie de l'élasticité*, l'étude des états de coaction est en général ramenée à celle d'états de contrainte ordinaires par l'introduction de certaines forces fictives (massiques et de surface). Cet artifice permet de résoudre un grand nombre de problèmes, mais son adoption ne va pas sans quelques inconvénients.

Nous nous proposons de montrer ici que l'on peut fort bien étudier les problèmes de cette nature d'une manière directe.

Pour ce faire, partons du théorème de M. Colonnetti ([2]), d'après lequel *les contraintes qui caractérisent l'équilibre dans un solide en état de coaction ont la propriété de rendre minimum la fonction*

$$L = \iiint \varphi \, dV + \iiint \left[\sigma_x \bar{\varepsilon}_x + \sigma_y \bar{\varepsilon}_y + \sigma_z \bar{\varepsilon}_z + \tau_{yz} \bar{\gamma}_{yz} + \tau_{zx} \bar{\gamma}_{zx} + \tau_{xy} \bar{\gamma}_{xy} \right] dV$$

(φ étant la valeur de l'énergie potentielle élastique de l'élément du volume dV, σ_x, σ_y, σ_z, τ_{yz}, τ_{zx}, τ_{xy}, les composantes de l'état de tension).

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) *Scienza delle Costruzioni*, Turin, 1948.

([2]) *Sul problema delle coazioni elastiche* (deux Notes), (*Rend. Ac. dei Lincei*, **27**, 5e série, 2e sem., 1918).

Dans le plan, et pour un solide homogène et isotrope, la fonction L s'écrit

$$(a)\qquad L = \frac{1}{2E}\iint[\sigma_x^2+\sigma_y^2-2\gamma\sigma_x\sigma_y+2(1+\gamma)\tau_{xy}^2]\,dx\,dy + \iint[\sigma_x\bar{\varepsilon}_x+\sigma_y\bar{\varepsilon}_y+\tau_{xy}\bar{\gamma}_{xy}]\,dx\,dy.$$

Transformons cette expression en y introduisant la fonction de tension d'Airy, c'est-à-dire en posant

$$\sigma_x=\frac{\partial^2 F}{\partial y^2},\qquad \sigma_y=\frac{\partial^2 F}{\partial x^2},\qquad \tau_{xy}=-\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial y},$$

(ce qui revient à admettre que les contraintes internes vérifient les conditions d'équilibre en l'absence de forces massiques). Il vient

$$(b)\qquad L=\frac{1}{2E}\iint\left[\left(\frac{\partial^2 F}{\partial y^2}\right)^2+\left(\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}\right)^2-2\gamma\frac{\partial^2 F}{\partial y^2}\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}+2(1+\gamma)\left(\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial y}\right)^2\right]dx\,dy + \iint\left[\bar{\varepsilon}_x\frac{\partial^2 F}{\partial y^2}+\bar{\varepsilon}_y\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}-\bar{\gamma}_{xy}\frac{\partial^2 F}{\partial x\,\partial y}\right]dx\,dy.$$

Or le calcul des variations nous enseigne ([3]) que pour qu'une intégrale

$$I=\iint f(x,y,z,p,q,r,s,t)\,dx\,dy,$$

où figurent, à côté des variables x, y, une fonction z de ces variables, ses dérivées premières p, q, et ses dérivées secondes r, s, t, passe par un minimum, il faut que se trouve vérifiée la condition

$$(c)\qquad \frac{\partial f}{\partial z}-\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial f}{\partial p}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial f}{\partial q}\right)+\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\frac{\partial f}{\partial r}\right)+\frac{\partial^2}{\partial x\,\partial y}\left(\frac{\partial f}{\partial s}\right)+\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)=0.$$

L'application de la condition (c) à la fonction (b) conduit à l'équation

$$(d)\qquad \frac{\partial^4 F}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 F}{\partial x^2\,\partial y^2}+\frac{\partial^4 F}{\partial y^4}+E\left(\frac{\partial^2\bar{\varepsilon}_y}{\partial x^2}-\frac{\partial^2\bar{\gamma}_{xy}}{\partial x\,\partial y}+\frac{\partial^2\bar{\varepsilon}_x}{\partial y^2}\right)=0,$$

qui n'est pas autre chose que l'équation de compatibilité relative aux états de coaction.

On peut d'ailleurs retrouver facilement l'équation (d) en partant des relations qui existent entre les composantes de la déformation totale de l'élément de volume du corps et les composantes u, v, du déplacement, soit (en désignant par ε_x, ε_y, γ_{xy}, les composantes de la déformation élastique)

$$(e)\qquad \varepsilon_x+\bar{\varepsilon}_x=\frac{\partial u}{\partial x},\qquad \varepsilon_y+\bar{\varepsilon}_y=\frac{\partial v}{\partial y},\qquad \gamma_{xy}+\bar{\gamma}_{xy}=\frac{\partial u}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial x}.$$

([3]) A. R. Forsyth, *Calculus of variations* (*Univ. Press, Cambridge*, 1927).

Il suffit pour cela de faire disparaître les composantes du déplacement par dérivation et d'introduire la loi de Hooke et les conditions d'équilibre.

Une fois les équations (b), (d), (e) établies, rien n'empêche alors d'étudier directement les états de coaction en se servant de tous les procédés classiques de la théorie de l'élasticité.

Parmi les moyens possibles, signalons en particulier celui qui consiste à développer en série la fonction de tension (en faisant en sorte que les conditions aux limites se trouvent vérifiées) et à calculer les coefficients α_1, α_2, ... des premiers termes de la série pour les conditions de minimum

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha_1} = 0, \qquad \frac{\partial L}{\partial \alpha_2} = 0,$$

dans lesquelles on fait figurer au numérateur la fonction L sous sa forme (b).

L'application de ce procédé est ici particulièrement avantageuse parce que dans les problèmes de coaction les conditions aux limites sont souvent très simples.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Mouvement différentiel non uniforme de deux plaques*. Note (*) de M. **Serge Vladimirsky**, transmise par M. Joseph Pérès.

S'appuyant sur l'hypothèse du sillage tourbillonnaire, on établit les potentiels complexes qui régissent les petites perturbations provoquées, dans un courant uniforme plan, par les petits mouvements non stationnaires d'un système de deux plaques.

Dans une Note récente [1] nous avons établi, à l'aide des propriétés des intégrales des fonctions algébriques, les potentiels complexes correspondant aux petits mouvements non uniformes de l'ensemble des deux plaques. La généralisation au cas de n plaques est immédiate, mais les raisonnements ne s'appliquent pas tels quels dans le cas du mouvement différentiel (par exemple, une plaque immobile tandis que l'autre, ou une partie seulement de l'autre, exécute de petits mouvements). En traçant les coupures a et b qui rendent la surface de Riemann (z, u) simplement connexe [2], la vitesse complexe dans le cas du mouvement d'ensemble, dw/dz, ($w = \varphi + i\psi$) est uniforme par rapport à ces coupures, autrement dit, elle n'admet pas de modules de périodicité, c'est donc une fonction rationnelle de z ou de u. Par contre, dans le cas du mouvement différentiel dw/dz n'est uniforme que par rapport à la coupure a; elle augmente d'une constante quand la variable *analytique* (z, u) traverse

(*) Séance du 10 juillet 1950.

[1] *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1928.

[2] P. Appell et E. Goursat, *Théorie des fonctions algébriques*, etc., Paris, 1895,

la coupure b et l'on est ainsi conduit à étudier la dérivée dw/dz et non la fonction $w(z)$.

Considérons, par exemple, un système de deux plaques, investi par un courant de vitesse U à l'infini, dont les sections droites AB et CD dans le plan $z = x + iy$, occupent sur l'axe réel les segments $-1, 1$ et α, β. Supposons, pour fixer les idées, que AB est immobile et que la partie postérieure ED de CD exécute un mouvement de rotation non uniforme avec la vitesse angulaire $\omega = d\varepsilon/dt$, ε désignant une fonction connue du temps t, autour du point E d'abscisse $x = \gamma (\alpha < \gamma < \beta)$.

1. *Potentiel correspondant à la variation d'incidence.* — A l'instant t, le potentiel complexe le plus général (cyclique et acyclique superposés) doit satisfaire aux conditions : a. $\partial\varphi/\partial n = 0$, sur AB et CE; b. $\partial\varphi/\partial n = U\varepsilon$ sur ED; c. dw/dz est infinie pour $z = -1$ et $z = \alpha$ et finie pour $z = 1$ et $z = \beta$; à l'infini dw/dz s'annule comme $1/z$. Le point $E(x = \gamma)$ étant un point logarithmique double, on peut satisfaire à toutes les conditions requises en posant

$$(1) \qquad \frac{dw}{dz} = AZ(z, u; \alpha) + B\Pi(z, u; \gamma) + \frac{Cz^2 + Dz + E}{u},$$

A, B, C, D, E étant des constantes et Z et Π deux intégrales de deuxième et de troisième espèce respectivement; la première admettant comme pôle le point de ramification $z = \alpha$ et la seconde, comme point logarithmique double, le point $z = \gamma$

$$Z(z, u; \alpha) = -\int_{-1}^{z} \frac{A_0\, dz}{2(z-\alpha)u} + \mu_1 \int_{-1}^{z} \frac{dz}{u}; \qquad \Pi(z, u; \gamma) = \int_{-1}^{z} \frac{G_0\, dz}{(z-\gamma)u} + \mu_2 \int_{-1}^{z} \frac{dz}{u},$$

$$u = \sqrt{(z^2-1)(z-\alpha)(z-\beta)}, \quad A_0 = \sqrt{(\alpha^2-1)(\alpha-\beta)}, \quad G_0 = \sqrt{(\gamma^2-1)(\gamma-\alpha)(\gamma-\beta)}.$$

Pour que dw/dz soit uniforme par rapport à la coupure a, il est nécessaire que les intégrales Z et Π soient *normales*, donc μ_1 et μ_2 sont connus. D'autre part, d'après les conditions c et d, on a

$$C = -A\left(-\frac{1}{2} b_0 A_0 + a_0 \mu_1\right) - B(c_0 G_0 + a_0 \mu_2), \qquad D = -C(1+\beta), \qquad E = C\beta;$$

$$a_0 = \int_{-1}^{\infty} \frac{dz}{u}, \qquad b_0 = \int_{-1}^{\infty} \frac{dz}{(z-\alpha)u}, \qquad c_0 = \int_{-1}^{\infty} \frac{dz}{(z-\gamma)u}.$$

Enfin, les accroissements correspondant à la coupure b sur les circuits entourant les points $x = 1$ et $x = \alpha$ de part et d'autre du point $x = \gamma$, donnent

$$A = -2U\varepsilon \frac{\pi i + B_3}{\pi B_2}, \qquad B = \frac{U\varepsilon}{\pi},$$

B_2 et B_3 désignant les modules de périodicité relatifs à la coupure b des intégrales Z et Π respectivement et la détermination de w est ainsi ramenée à des quadratures. On obtiendra le potentiel correspondant au mouvement non uniforme en intégrant (1) et en superposant le résultat au potentiel du sillage

établi dans la Note précitée. Il resterait ensuite à exprimer les conditions d'uniformité du potentiel résultant.

2. *Potentiel correspondant à la vitesse angulaire.* — La détermination de celui-ci ne diffère du cas précédent que par la deuxième condition. Dans le cas présent elle est remplacée par la suivante : sur ED, $(\partial\varphi/\partial n) = \omega(x-\gamma)$ et nous posons

$$\frac{dW}{dZ} = \omega(z-\gamma)\left[AZ(z,\,u;\,\alpha) + B\Pi(z,\,u;\,\gamma) + \frac{Cz^2 + Dz + E}{u}\right]$$

et déterminons les constantes et le potentiel résultant comme ci-dessus.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Influence de la charge électrique de l'obstacle dans le mécanisme de captation de particules en suspension dans un fluide en mouvement.* Note (*) de MM. **Marcel Pauthenier** et **Robert Cochet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Si l'obstacle et les particules entraînées par un fluide en mouvement sont électriquement neutres, l'équation générale qui définit le mouvement d'une particule sphérique en un point M, voisin d'un obstacle, a pour expression

$$(1)\qquad \delta\frac{d\vec{V}}{dt} - \delta'\frac{d\vec{V'}}{dt} = -\frac{\delta' v}{d}\vec{v}f\left(\frac{vd}{\nu}\right) + (\delta-\delta')\vec{g}.$$

Les particules, supposées toutes identiques et sphériques, sont caractérisées par leur masse spécifique δ, leur diamètre d; le fluide par sa masse spécifique δ' et sa viscosité cinématique ν; on désigne par $\vec{V'}$ la vitesse du fluide au point M, $\vec{V}$ la vitesse de la particule et $\vec{v}$ la vitesse relative de la particule par rapport au fluide (1).

Si l'obstacle est chargé, il existe au point M un champ électrique E. Désignons par $\partial E/\partial n$ la dérivée du champ électrique $\vec{E}$ suivant une direction normale aux équipotentielles; soit ε le pouvoir inducteur spécifique de la particule supposée non chargée électriquement. En supposant les particules assez éloignées les unes des autres pour que leur action mutuelle soit négligeable, la force électrique admet pour expression

$$\vec{F} = \lambda\left(\frac{d}{2}\right)^3 \vec{E}\frac{\partial E}{\partial n},$$

où nous posons pour simplifier l'écriture : $\lambda = (\varepsilon - 1)/(\varepsilon + 2)$.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

(1) Ed. Brun, R. Caron et M. Vasseur, *Rapport technique*, n° 15, *G. R. A.*

Les deux membres de l'équation (1) ayant été divisés par le volume de la particule, la nouvelle équation s'écrit

$$(2)\qquad \delta\frac{d\vec{V}}{dt}-\delta'\frac{d\vec{V}'}{dt}=-\frac{\delta'\nu}{d}\vec{v}f\left(\frac{vd}{\nu}\right)+(\delta-\delta')\vec{g}+\lambda\frac{3}{4\pi}\vec{E}\frac{\partial E}{\partial n}.$$

Nous avons étudié deux formes particulières du terme relatif à la force électrique.

1° L'obstacle est constitué par un conducteur cylindrique concentrique à une nasse conductrice transparente au fluide; nous désignerons par D le diamètre du conducteur, E_0 le champ superficiel, ρ la distance du point M à l'axe du conducteur; le champ électrique au point M est donné par l'expression : $E = E_0 D/2\rho$, d'où la force électrique : $\vec{F} = -\lambda(d/2)^3(E_0^2 D^2/4\rho^4)\vec{\rho}$ et le terme relatif à la force électrique dans l'équation (2) devient

$$\lambda\frac{3}{4\pi}\vec{E}\frac{\partial E}{\partial n}=-\lambda\frac{3}{16\pi}\frac{E_0^2 D^2}{\rho^4}\vec{\rho}.$$

2° L'obstacle est constitué par un conducteur sphérique. Désignons par D le diamètre de la sphère, q_0 sa charge, ρ la distance du point M au centre de la sphère. La force électrique a pour valeur $\vec{F} = -\lambda(d/2)^3(2q_0^2/\rho^6)\vec{\rho}$, et le terme relatif à la force électrique dans l'équation (2) devient

$$\lambda\frac{3}{4\pi}\vec{E}\frac{\partial E}{\partial n}=-\lambda\frac{3}{2\pi}\frac{q_0^2}{\rho^6}\vec{\rho}.$$

Nous pouvons ainsi nous rendre compte de l'importance du terme relatif à la force électrique par rapport aux termes relatifs aux autres forces dans l'équation générale. Ce qui permet de simplifier la solution et de déterminer le coefficient de captation dans un certain nombre de cas, soit par le calcul, soit en s'appuyant sur une méthode graphique.

Nous avons, par exemple, utilisé l'équation (2) pour résoudre le problème de la captation des gouttelettes de brouillard par les lignes de transport d'énergie électrique à haute tension. Le brouillard étant une cause de perte [2], il est intéressant de connaître au bout de combien de temps, après l'apparition du brouillard, une ligne émet des ions [3].

La vitesse du fluide étant considérée comme négligeable, E_0 supposé constant et $d < 30^{\mu}$, l'équation (2) devient

$$-\frac{18\delta'\nu}{d^2}\vec{v}+\vec{g}-\frac{3}{16\pi}\frac{E_0^2 D^2}{\rho^4}\vec{\rho}=0.$$

---

(2) F. Cahen et R. Pélissier, *Bull. Soc. Franç. Élec.*, mars 1948.

(3) M. Pauthenier, G. Duhaut et L. Demon, *Revue Générale de l'Électricité*, 58, 1949, p. 35-39 et 59, 1950, p. 133-136.

Si, dans un plan perpendiculaire aux génératrices du cylindre, nous prenons comme origine le centre du cercle de diamètre D et comme vecteur origine $\overrightarrow{OX}$ de direction parallèle à g et de sens contraire, en posant $\alpha = 3E_0^2D^2/16\pi g$ l'équation du mouvement s'écrit

$$\frac{d\rho}{\rho\, d\theta} + \frac{\alpha}{\rho^3 \sin\theta} + \frac{\cos\theta}{\sin\theta} = 0;$$

elle admet pour solution

$$\rho^3 = \frac{1}{\sin^3\theta}\left[K^3 - 3\alpha\left(\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4}\sin 2\theta\right)\right].$$

C'est l'équation d'une trajectoire passant à l'infini à une distance K de OX.

ASTROPHYSIQUE. — *Méthodes de détermination des températures de brillance d'une étoile.* Note de M. **Daniel Chalonge** et Mlle **Lucienne Divan**, présentée par M. André Danjon.

Dans un domaine spectral où la température de couleur d'un spectre continu stellaire a une valeur définie T_c, la brillance moyenne du disque de l'étoile pour la radiation λ peut se représenter par

$$B_\lambda(T_b) = p B_\lambda(T_c),$$

où B_λ désigne la fonction de Planck, T_b la température de brillance moyenne du spectre continu de l'ensemble du disque pour la longueur d'onde λ et p une constante.

Le problème est de déterminer p : cette constante sera complètement définie si l'on connaît T_b pour une longueur d'onde particulière de l'intervalle spectral considéré : les deux méthodes qui vont être décrites permettent d'arriver à ce résultat.

1° Supposons connus le rayon $r_\bigstar$, la parallaxe ϖ (évaluée en secondes d'arc) et la magnitude $m_\bigstar$ (la longueur d'onde effective correspondante étant λ_e) d'une étoile; sa température de brillance moyenne $T_b^\bigstar$ pour la longueur d'onde λ_e se déduit de la formule

$$-0,4(m_\bigstar - m_\odot) = \log\left[\frac{B_{\lambda_e}(T_b^\bigstar)}{B_{\lambda_e}(T_b^\odot)}\left(\frac{r_\bigstar}{r_\odot}\right)^2\left(\frac{\varpi}{206\,370}\right)^2\right],$$

où $r_\odot$, $m_\odot$ et $T_b^\odot$ désignent respectivement le rayon du Soleil, sa magnitude et la température de brillance moyenne de son disque pour la longueur d'onde λ_e.

Le calcul a été fait pour β Per (B8V) et β Aur (A2IV). Le tableau I [utilisant les mêmes notations que dans la Note ([1])] fournit les résultats (p_1 et p_2) ainsi que les données employées ($r_\bigstar$, ϖ, T_1, T_2, D).

([1]) D. Chalonge et L. Divan, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 720.

TABLEAU I.

★.	$r_★$.	ϖ.	T_1.	T_2.	D.	p_1.	p_2.
β Per........	3,31	0,032	17500	14000	0,32	0,325	0,353
β Aur........	2,50	0,039	16500	10000	0,47	0,278	0,475

La répartition des brillances dans le spectre continu de chacune des deux étoiles est ainsi complètement définie. Malheureusement cette méthode n'est applicable qu'aux étoiles, extrêmement rares à l'heure actuelle, dont on connaît à la fois le rayon et la parallaxe. Toutefois, ces premiers résultats vont permettre de faire une importante remarque qui conduira à une seconde méthode, beaucoup plus générale : il est facile de calculer, pour β Per et β Aur, la température de brillance au fond des raies de Balmer H_β, H_γ, H_δ à partir de ces valeurs de l'intensité restante r de ces raies (rapport de la brillance au centre de la raie à la brillance qu'aurait le fond continu en ce point en l'absence de raie) fournies par Günther ([2]).

Le Tableau II donne les résultats.

TABLEAU II.

	H_β.	H_γ.	H_δ.
β Per......................	8453	8512	8484
β Aur......................	7311	7145	7414

On voit que la température de brillance au centre des raies demeure sensiblement constante pour une étoile donnée : nous admettrons que cette valeur constante représente la température superficielle T_0 de l'étoile.

2° Supposons que ce résultat soit général et qu'il s'applique aux raies de Balmer de toutes les étoiles des premiers types spectraux (catégories IV et V) ([3]).

Si l'on connaît, pour une étoile, l'intensité restante r pour plusieurs raies de Balmer, les divers points ayant pour coordonnées ($\log r$, $1/\lambda$) se placeront sur une droite dont la pente fournira la valeur du gradient spectrophotométrique $G(T_0, T_c)$ entre la température superficielle T_0 et la température de couleur du fond continu T_c. On en déduira donc T_0 si l'on connaît T_c et la connaissance de T_0 fixera de façon complète les valeurs de $T_b(\lambda)$ relatives au fond continu.

La méthode a été appliquée à τSco (BO V). Les valeurs de l'intensité restante déterminées par Unsöld ([4]) conduisent à

$$G(T_0, T_1) = +0,16.$$

([2]) *Z. f. Ap.*, 7, 1933, p. 106.

([3]) Nous ne considérons que des étoiles ayant une vitesse de rotation faible.

([4]) *Z. f. Ap.*, 21, 1941, p. 22 (avec une légère rectification d'après les données originales prêtées par le Dr Unsöld).

Si l'on admet pour τSco les données spectrophotométriques (peu précises) données par Barbier et Chalonge $T_1 = 32\,000°$, $T_2 = 25\,000°$, $D = 0,06$, on trouve $T_0 = 21\,000°$, $p_1 = 0,84$, $p_2 = 1,18$. La valeur de T_2 est sans doute trop faible car p_2 devrait être inférieur à 1 (5).

Les valeurs de p_1 et p_2 qui ont été ainsi déterminées directement pour βPer, βAur et τSco sont du même ordre de grandeur que celles qui avaient été obtenues (1) à partir des températures effectives et des corrections bolométriques : dans le cas des étoiles BO, elles seraient toutefois plus voisines de 1 qu'il n'avait été indiqué.

ACOUSTIQUE. — *Jets d'hydrogène sensibles aux ultrasons.*
Note (*) de M. **Maurice Dubois**, présentée par M. Joseph Pérès.

Nous avons précédemment réalisé des jets gazeux sensibles aux ultrasons jusqu'à la fréquence 70 000. C'étaient des jets de gaz d'éclairage sortant de tubes de verre cylindriques de diamètre $0^{mm},3$ ou $0^{mm},2$.

L'hydrogène s'est montré beaucoup plus avantageux pour ces expériences, car il donne des jets sensibles à des fréquences beaucoup plus élevées. En effet, ce gaz conserve un écoulement lamellaire pour des vitesses beaucoup plus élevées que les autres gaz : sa vitesse critique est sept fois plus grande que celle de l'air et cinq fois plus grande que celle du gaz d'éclairage environ.

Le jet sensible était utilisé selon le dispositif de la *flamme de Rayleigh :* le jet sort du tube vertical et ascendant, il traverse une grille située à $1^{cm},8$ de l'orifice, et il est allumé au-dessus de la grille. Les modifications de la flamme signalent les perturbations du jet au-dessous de la grille. De plus, le jet, qui traverse très rapidemeni les fines mailles de la grille, est parfois bruyant. Les changements d'apparence du jet s'accompagnent d'un changement de bruit, ce qui facilite les observations.

L'émission d'ultrasons était faite par des quartz piézo-électriques. Comme chaque quartz est taillé pour une fréquence choisie et en général élevée, nous avons constitué sur un quartz de 3^{mm} d'épaisseur deux triplets de Langevin donnant des fréquences moindres, en collant sur les deux faces des cylindres d'acier de même diamètre. Les valeurs choisies étaient 100 000 et 170 000. Nous disposions de plus de deux quartz de $11^{mm},6$ et de 7^{mm} donnant chacun leur fréquence propre de 248 000 et de 412 000.

Nous avons observé l'action de tous ces ultrasons sur un jet de $0^{mm},192$ de diamètre (le plus fin de tous ceux que nous avons étudiés). Il s'est montré très

(5) Il semble que les φ_2 de Barbier et Chalonge (*Annales d'Astrophysique*, 4, 1941, p. 30) doivent être diminués de quelques centièmes pour les types peu avancés.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

sensible à toutes ces fréquences, et avec une grande fidélité, car les expériences furent reprises plusieurs fois.

Les caractéristiques du jet étaient alors les suivantes : diamètre $0^{mm},192$, longueur $17^{mm},5$, pression d'hydrogène 300 g/cm², vitesse de sortie 12 500 cm/sec, vitesse critique pour ce tube 96 000 cm/sec.

Enfin, pour le quartz de 7^{mm} dont les faces sont simplement métallisées, nous avons recherché l'amplitude de vibration A de la face émettrice. Elle est liée à la déformation statique D correspondant au même potentiel par la relation

$$A = \frac{1}{\pi} \frac{\rho_0 V_0}{\rho_1 V_1} D$$

pour la fréquence fondamentale (¹).

Au moment où le jet commençait à réagir à l'émission d'intensité croissante, l'oscillographe connecté aux armatures du quartz indiquait un potentiel alternatif de 90 V, d'où une amplitude de vibration $A = 1^{\mu},9$.

Dès que le potentiel était plus élevé, la réaction du jet était très accusée.

Le quartz circulaire avait un diamètre de 65^{mm} et il était disposé à 13^{cm} du jet.

THERMODYNAMIQUE. — *Étude spectrographique de la dissolution du phénanthrène dans l'azote comprimé jusqu'à* 1200 kg/cm². *Effet de la température.* Note (*) de M. **Stéphane Robin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons indiqué (¹) comment varient les masses de phénanthrène contenues dans un volume donné d'azote, d'argon ou d'hydrogène comprimés, lorsque l'on fait croître la densité du gaz. Cette étude faite par voie spectrographique en évaluant les densités optiques des bandes d'absorption ultraviolettes du phénanthrène, nous avait conduit à une loi exponentielle en fonction de la densité. Il nous a semblé intéressant de poursuivre cette étude sur un même gaz pour en déduire la variation avec la température. Nous avons d'abord vérifié que l'effet spécifique de la température sur les bandes d'absorption n'était pas mesurable. Pour cela nous avons enfermé une solution non saturée de phénanthrène dans l'azote dans une bombe rigoureusement étanche, fermée par un robinet; nous avons fait varier la température et la pression par addition d'azote en nous arrangeant de telle sorte qu'il ne puisse jamais sortir de gaz hors de la bombe pendant toute la durée de l'expérience. Partant de ce résultat, nous avons étudié les solutions saturées à 0, 17, 30, 70 et 90°C.

(¹) Bicquard-Langevin, *Revue d'Acoustique*, 3, 1934, p. 120.

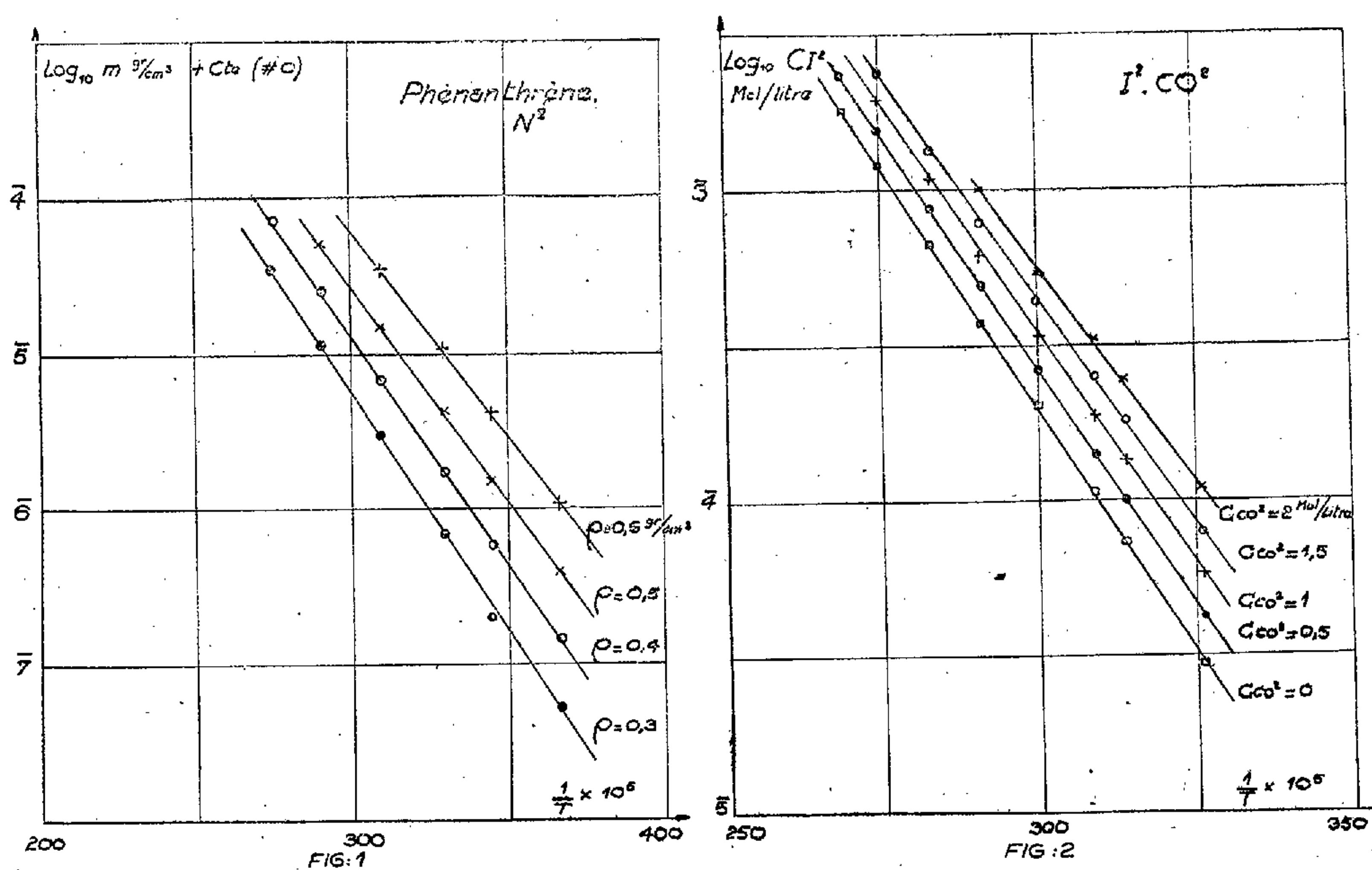
(*) Séance du 10 juillet 1950.

(¹) S. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1840.

La figure 1 représente nos résultats pour des densités d'azote de 0,3 à 0,6 g/cm³. Nous avons porté en ordonnée le $\log_{10}$ de la masse m de phénanthrène par centimètre cube d'azote comprimé à densité constante et en abscisse l'inverse de la température absolue. Les courbes étant linéaires, nos résultats peuvent être convenablement représentés par

$$m = A e^{-\frac{B}{T}}, \tag{1}$$

B est une constante dépendant de la densité d'azote et la quantité A une constante de première approximation, mais qui pourrait être une fonction lentement variable de la température, car en regard de la variation rapide de l'exponentielle, la précision des mesures est insuffisante pour en déduire la faible contribution de la quantité A.



Les résultats obtenus par différents auteurs et recalculés par nous, notamment pour les systèmes iode-CO_2 ([2]), benzène-azote ([3]), méthanol-azote ([4]), eau-azote ([5]) peuvent être représentés d'une manière analogue. La figure 2 représente le cas de I_2—CO_2 (nous avons représenté les concentrations C en molécules-grammes par litre pour conserver les notations des auteurs ([2]).

Pour interpréter ces résultats, on peut faire appel aux théories de la

---

([2]) H. Braune et F. Strassmann, *Z. f. Phys. Chem.*, A, **143**, 1929, p. 225.
([3]) I. Krichevsky et D. Gamburg, *Acta Phys. U. R. S. S.*, **16**, 1942, p. 362.
([4]) I. Krichevsky et M. Korolëva, *Acta Phys. U. R. S. S.*, **15**, 1941, p. 327.
([5]) F. Pollitzer et E. Strebel, *Z. f. Phys. Chem.*, **110**, 1924, p. 768.

dissolution ([6]); en effet, on sait que pour les solutions idéales, le logarithme de la fraction molaire est une fonction linéaire de $1/T$ et l'on vérifie que la loi reste approximativement vraie pour beaucoup de solutions réelles dites solutions régulières. On peut voir ici une confirmation de ces résultats dans le cas d'un solvant particulièrement simple. Nous aurions pu porter en ordonnée le logarithme de la fraction molaire x au lieu de m (cela revient au même pour une densité d'azote $\rho = \text{const.}$, suffisamment grande). Notre représentation a l'avantage de rester valable lorsque ρ tend vers zéro (alors que x tend vers 1). On sait en effet, d'autre part, que la pression de vapeur peut être représentée par $\log p = A_1 + B_1/T$ ([6]), mais comme $p/m = KT$, dans des limites d'erreur analogue à celles que nous avons admises ci-dessus, cette relation montre que pour la vapeur pure, $\log m$ sera aussi linéaire en $1/T$, ainsi qu'on peut le voir sur la figure 2 et que nous l'avons vérifié dans le cas des systèmes benzène-azote et méthanol-azote.

La quantité B de la formule (1) est proportionnelle à une énergie d'activation. Le principal intérêt de ces résultats semble résider dans le fait qu'ils mettent en évidence la diminution de cette énergie en fonction de l'accroissement de la densité des molécules du solvant, c'est-à-dire de la distance d'approche moyenne entre ces molécules et la surface du solide. Ainsi dans le cas du phénanthrène dans l'azote, B passe de 3080°K à 2660°K quand ρ passe de 0,3 à 0,6 g/cm³.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Étude tensiométrique du pouvoir mouillant des solutions*. Note de M. **Jean Guastalla**, Mme **Lina P. Guastalla**, Mme **Denise Luzzati**, M. **Henri L. Rosano** et Mme **Lisbeth Sharaga**, présentée par M. Jean Cabannes.

On justifie l'emploi du tensiomètre de mouillage dans l'étude des tensions d'adhésion (τ) entre un solide et une solution. La différence $\tau_{\text{solution}} - \tau_{\text{eau pure}} = p_t$ représente approximativement l'énergie libre d'adsorption des molécules dissoutes sur 1 cm² de surface solide. Cas où l'hystérésis de mouillage s'élimine dans le calcul de p_t. On compare p_t et la pression superficielle p (acides gras, savons).

Rappelons que, si l'on plonge verticalement une lame paraffinée dans l'eau, la force verticale exercée sur la lame devient constante à partir d'une certaine profondeur, et la forme du ménisque reste ensuite immuable. La tension d'adhésion τ_0 est alors la force (comptée positivement dans le sens du *happage*) exercée sur une lame de périmètre unité ([1]).

([6]) Hildebrand, *Solubility of non-electrolytes*, New-York, 1936.

([1]) *Cf.* J. et L. Guastalla, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2054. Pour éviter des confusions avec d'autres grandeurs, nous désignerons désormais les tensions superficielles par γ et les tensions d'adhésion par τ.

La tension d'adhésion de sortie diffère peu de la tension d'adhésion d'entrée quand la lame est polie ([2]). Le phénomène peut être considéré comme la superposition d'un mouillage (ou d'un démouillage) réversible et d'un phénomène irréversible de moindre importance, somme de petits sauts liés sans doute à la fixation de bulles d'air microscopiques aux aspérités ([3]).

On mesure, comme pour un liquide pur, la tension d'adhésion $\tau_{solution}$ d'une *solution* pour un solide de référence donné. Des expériences en cours de Mme L. Guastalla (sur des solutions d'acides gras), de Mme D. Luzzati (sur des solutions de savons), de M. H. Rosano (sur des solutions de mouillants industriels), avec la paraffine comme solide de référence, montrent que le phénomène de mouillage garde encore ce caractère de réversibilité faiblement altéré par l'hystérésis.

Il y a des cas où l'hystérésis a pour cause une différence d'état de la surface avant l'immersion et après l'émersion. Nous nous bornerons dans ce qui va suivre aux cas de quasi-réversibilité.

Comparons la surface libre de l'eau pure et la surface libre d'une solution d'un corps tensioactif à l'équilibre d'adsorption. La tension superficielle (γ_0 dans le premier cas, $\gamma_{solut.} = \gamma_0 - p$ dans le second cas), mesure l'énergie libre liée à l'augmentation unitaire réversible et isotherme de la surface. Dans le cas de solutions très diluées (dont la tension instantanée *idéale*, avant toute adsorption, serait très voisine de celle de l'eau pure), la différence $\gamma_0 - \gamma_{solut.} = p$ est sensiblement égale à l'énergie libre totale d'adsorption du corps dissous sur l'unité de surface liquide.

De même, si l'on plonge lentement une lame paraffinée dans l'eau pure et dans une solution (très diluée) d'un corps adsorbable, la différence $\tau_{solut.} - \tau_0$ des tensions d'adhésion mesure approximativement l'énergie libre totale d'adsorption du corps à l'interface liquide-solide à partir de la solution. Harkins et ses collaborateurs ([4]) (qui déterminent les tensions d'adhésion à partir des angles de raccordement) assimilent cette différence à une pression superficielle. Malgré les réserves que l'on peut faire sur le sens physique d'une telle pression, nous suivrons l'exemple de Harkins et nous appellerons, par analogie, p_i (pression interfaciale) la différence $\tau_{solut.} - \tau_0$. Nous obtenons p_i par la différence de deux mesures tensiométriques, aussi simplement que l'on obtient $p = \gamma_0 - \gamma_{solut.}$

Nous utilisons un tensiomètre à deux fils de torsion horizontaux, qui permet la mesure simultanée de la tension superficielle et de la tension d'adhésion :

([2]) Harkins et Fowkes (*J. Amer. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 3377) ont même pu préparer des surfaces paraffinées sans hystérésis.

([3]) *Cf.* Mme L. Guastalla, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 824.

([4]) *Cf.* Harkins et Fowkes (*loc. cit.*); Harkins et Livingston, *J. Chem. Phys.*, 10, 1942, p. 348; Harkins et Loeser, *J. Chem. Phys.*, 18, 1950, p. 556.

l'un des équipages de torsion est muni d'une lame mouillable, l'autre d'une lame paraffinée.

Lorsque l'on opère avec des lames de paraffine recuite (surface lisse), on obtient sensiblement la même valeur de $p_i = \tau_{\text{solut.}} - \tau_0$ si l'on introduit les deux tensions d'adhésion d'*entrée*, ou les deux tensions d'adhésion de *sortie* (l'hystérésis sensiblement constante s'élimine à peu de choses près dans la différence des τ) [5].

Il est intéressant d'étudier en fonction de la concentration la différence $(p_i - p)$. D'après ce qui vient d'être dit, on a

$$p_i - p = (\tau + \gamma)_{\text{solut.}} - (\tau + \gamma)_{\text{eau pure}}.$$

[Notons que l'expression $(\tau + \gamma)$ représente l'énergie libre unitaire d'adhésion liquide-solide, dans le cas, probable pour la paraffine, où le solide sec peut être pratiquement considéré comme exempt de toute molécule adsorbée à partir de la vapeur du liquide] [6].

La différence $(p_i - p)$ n'est pas considérable, mais elle est systématique. Avec les acides gras saturés, cette différence, pour un acide donné, varie assez peu dans un domaine où p varie assez largement; pour une valeur donnée de p, elle augmente avec la longueur de la chaîne, au moins jusqu'au dernier terme soluble (C_{12}) pour lequel elle atteint 5 ergs/cm². Avec les savons, pour un corps donné, $(p_i - p)$ varie notablement avec p, et pour une valeur donnée de p, $(p_i - p)$ paraît passer par un maximum pour C_{14}.

MAGNÉTISME. — *Méthodes d'études et interprétation des hétérogénéités de substances ferromagnétiques dans le domaine de Rayleigh.* Note de MM. **Israël Épelboin**, **André Marais** et **Daniel Dautreppe**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'étude des rubans et des fils à l'aide de polissages électrolytiques successifs nous a permis de prouver l'hétérogénéité de certains alliages ferromagnétiques polycristallins.

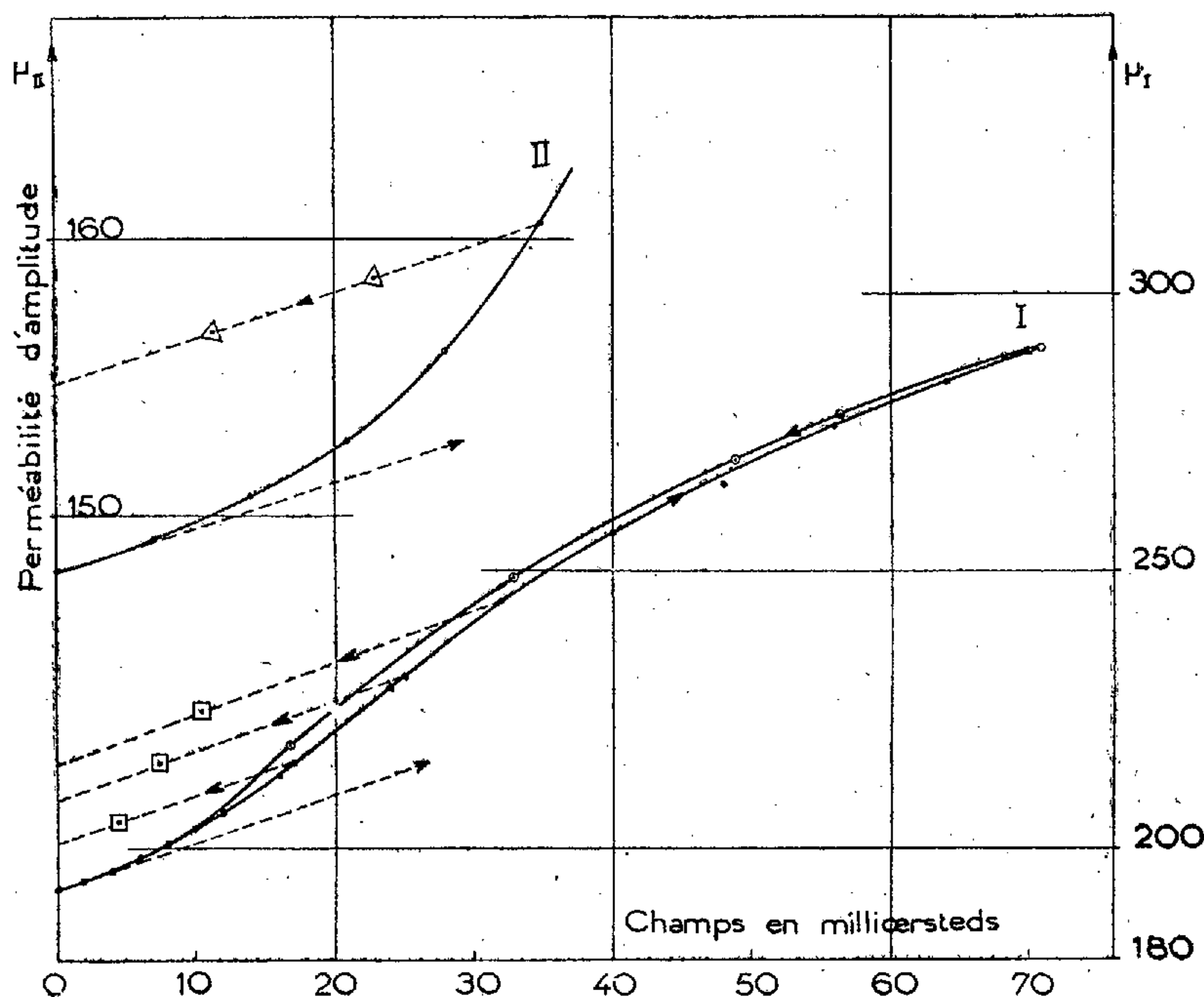
Pour mesurer dans les champs magnétiques les deux coefficients de Rayleigh, il était nécessaire d'éliminer les perturbations éventuelles de l'aimantation dues à l'influence du temps (traînage magnétique réel). A cet effet, nous avons relevé les caractéristiques de la perméabilité en fonction du champ dans un intervalle de temps négligeable par rapport à la constante de temps du traînage (courbes pointillées de la figure).

---

(5) Il n'en est pas de même avec la paraffine ordinaire (surface mate).

(6) Harkins insiste, à juste titre, sur les erreurs considérables que l'on commet dans certains cas en négligeant cette adsorption.

Les mesures dans les champs électriques alternatifs ont été effectuées en insérant l'échantillon dans le circuit d'un pont d'impédance, à l'aide d'un dispositif à contacts parfaitement reproductibles et dans lequel l'échantillon conserve la même forme que pendant les mesures magnétiques avec les bobines



Caractéristiques perméabilité-champ magnétique à 800 C/s d'une tôle en ferrosilicium pour dynamo laminée à chaud (échantillon I) ou recuit pour augmenter la constante de temps du traînage (échantillon II). Les courbes en trait continu correspondent aux mesures effectuées en présence du traînage : échantillon I, l'intervalle entre deux mesures est inférieur à la durée de l'évolution de l'aimantation; échantillon II, cet intervalle est supérieur à la durée d'évolution. Les courbes en pointillé sont relevées en l'absence de traînage, dans un temps négligeable par rapport à la constante de temps du traînage.

à enroulements démontables. On retrouve alors les hétérogénéités de la perméabilité magnétique et de la conductibilité électrique que nous avons signalées précédemment; en particulier nos mesures confirment très nettement pour les alliages binaires ferronickels la présence d'une couche superficielle de conductibilité différente.

Nous pensons que cette variation de conductibilité pourrait s'interpréter par la diffusion des atomes qui créerait une différence dans la composition chimique de la couche superficielle par un mécanisme analogue à l'oxydation sélective des ferronickels à faible teneur en nickel (1). En effet, l'atmosphère dans laquelle s'effectue le recuit joue un rôle considérable dans l'évolution de

(1) Bernard et Moreau, *Revue de Métallurgie*, 47, 1950, p. 317.

cette couche perturbée et nous l'étudions tout particulièrement dans le cas de l'hydrogène. Dans les couches profondes, la perméabilité d'un ruban ou d'un fil ferromagnétique reste en général répartie non uniformément tandis que nous n'avons pas constaté de variation appréciable de la conductibilité et de la structure cristalline. Ceci nous a amenés à faire l'hypothèse d'une diffusion non uniforme des atomes au cours de la phase descendante des traitements thermiques usuels. En effet, au passage par le point de Curie et au cours de la formation des domaines élémentaires, une telle diffusion entraînerait une répartition bien définie des tensions, donc des vecteurs d'aimantation spontanée des divers domaines et par conséquent une texture magnétique macroscopique. Cette texture est fonction de l'épaisseur et de la structure des alliages puisque les phénomènes de diffusion en dépendent. Ceci expliquerait la relation entre la forme de la texture magnétique et l'épaisseur d'un ruban en permalloy ([2]) que nous avons confirmée depuis pour d'autres alliages. Elle semble indépendante des résidus de tensions de laminage, car nous l'avons vérifiée également sur des rubans ayant subi avant le traitement thermique un polissage électrolytique très poussé. La plupart des traitements thermiques s'effectuent dans l'hydrogène, et nous pensons que l'étude de sa diffusion dans les métaux ([3]) pourrait apporter de nouveaux éléments à la compréhension des hétérogénéités des ferromagnétiques polycristallins.

MAGNÉTISME. — *Une nouvelle méthode de mesure de la magnétostriction. Application au ferrite de cobalt.* Note (*) de MM. **Louis Weil, Maurice Gallay** et **Pierre Poensin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Pour mesurer la déformation des solides, on utilise maintenant de plus en plus les extensomètres électriques : un fil fin collé sur la substance étudiée, après interposition d'une mince feuille de papier, subit les mêmes variations de longueur que la substance ; il suffit de mesurer la variation de la résistance pour déduire dl/l de la relation $S\,dl/l = dR/R$.

Nous avons utilisé les extensomètres électriques pour les études de magnétostriction. Ne nécessitant pas, au voisinage des échantillons, un appareillage relativement encombrant comme les méthodes optique ou électrique, ils se prêtent particulièrement bien aux mesures dans les grands champs ou à l'intérieur de vases Dewar. Goldman ([1]) et Smoluchowski ([2]) l'ont appliquée, à température ordinaire, à l'étude de divers alliages.

([2]) I. Epelboin et A. Marais, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1131-3.

([3]) E. Darmois, *Colloque international. Réactions dans l'état solide*, Paris, 1948.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

([1]) *Phys. Rev.*, 76, 1939, p. 471.

([2]) *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 140.

La constante S de l'extensomètre est donnée par le constructeur avec une précision de ± 1 % ; elle est de 2,02 dans le cas des résistances que nous avons

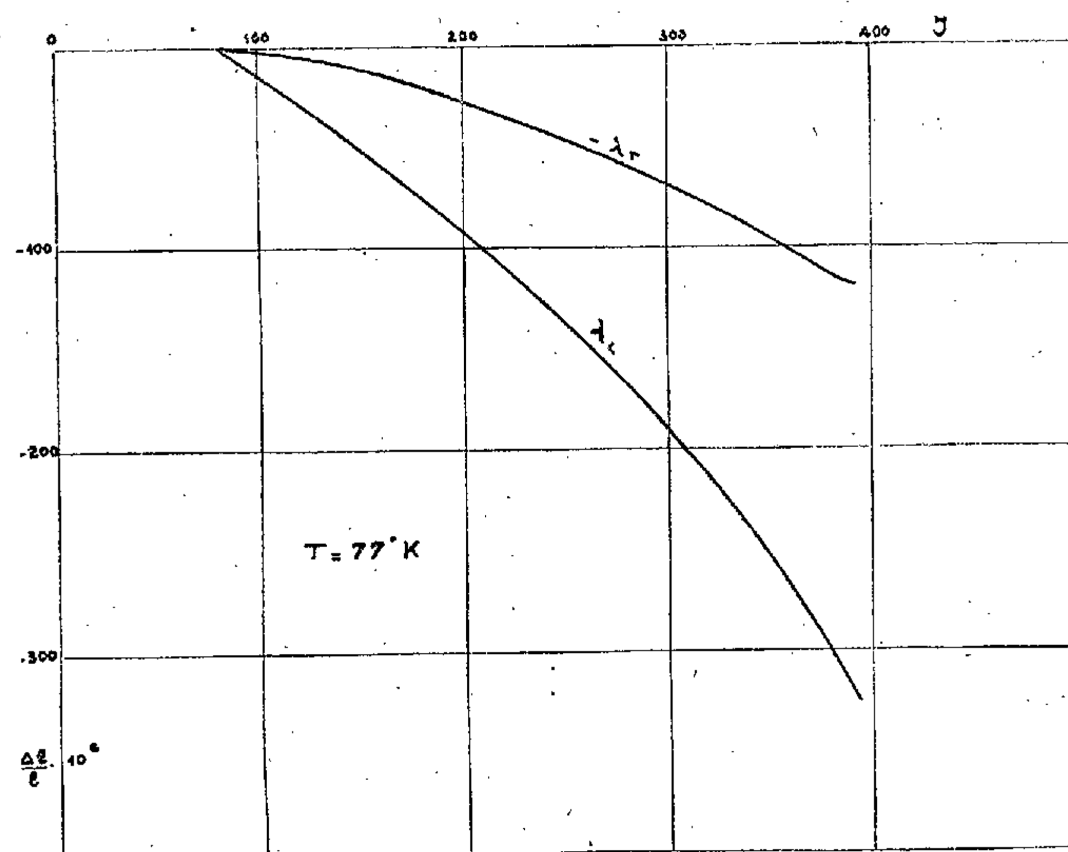


Fig. 1.

utilisées. Nous avons vérifié, pour des allongements de l'ordre de 10^{-4} qu'elle est *indépendante du champ magnétique* dans lequel on se trouve : sur une lame de bronze, nous avons collé un extensomètre (strain-gauge), d'abord parallè-

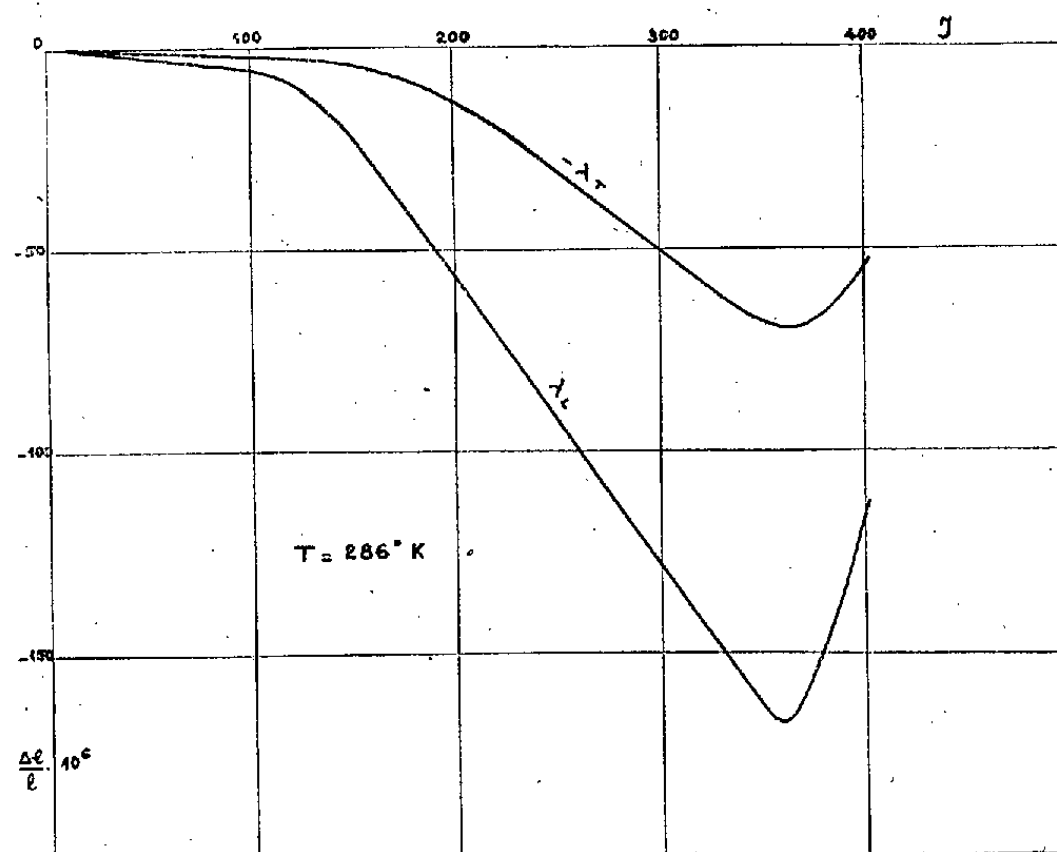


Fig. 2.

lement à la direction de traction, puis perpendiculairement; la variation de résitance pour une même surchage, est la même, quel que soit le champ,

parallèle ou perpendiculaire au strain-gauge. Il en est de même quand le système est placé dans l'azote liquide.

Pour déterminer l'influence de la température sur la constante S, nous avons collé les extensomètres sur une lame d'acier : on sait que pour les aciers ordinaires, le module d'Young croît de 5 % entre la température ordinaire et la température de l'air liquide. On trouve ainsi qu'*à* 77° K, *il faut multiplier* S *par* 1,02.

Avec la méthode de mesure ainsi décrite, il est difficile de garantir une précision supérieure à 1 %. Elle a l'avantage, lorsqu'on la met en œuvre avec l'appareillage électronique industriel, de permettre des mesures rapides sur des échantillons de forme quelconque. Nous l'avons appliquée à des disques de ferrite de cobalt qu'il suffisait de tourner d'un angle droit pour passer de la mesure de la magnétostriction longitudinale λ_L à la mesure de la magnétostriction transversale λ_T.

La plaquette utilisée à température ordinaire et dans l'azote liquide avait un diamètre de 27^{mm} et une épaisseur de $0^{mm},8$. Sa densité était de 5. Frittée à 1200°, elle a subi un refroidissement en 18 heures qui a fait apparaître la phase à forte magnétostriction caractérisée antérieurement par l'un de nous [3]. Nous avons disposé d'un petit échantillon ayant subi exactement le même traitement sur lequel M. Pauthenet a relevé la courbe de première aimantation. Nous avons calculé le coefficient de champ démagnétisant ($N = 0,29$) et $\mathcal{J}$ en fonction de H. Les mesures de λ_L et λ_T et de $\mathcal{J}$ en fonction du champ dans l'azote liquide ont été confirmées sur une plaquette en forme d'ellipse dont les axes sont sensiblement 24 et 12^{mm}, taillée dans la précédente. Les figures ci-dessus donnent en fonction de l'aimantation $\mathcal{J}$ la magnétostriction longitudinale (toujours négative) et la magnétostriction transversale (toujours positive).

A la température ordinaire, où la saturation est au voisinage de 406 C.G.S., la magnétostriction passe par un maximum qui pour λ_L est de -167.10^{-6}.

Dans l'azote liquide, le champ de 9000 Oe ne permet pas une bonne approche de la valeur de la saturation (465); λ_L dépasse certainement 320.10^{-6} en valeur absolue. Ces mesures seront reprises dans un électro-aimant plus puissant.

---

(3) L. Weil et J. Suchet, *Comm. Soc. Fr. de Phys.*, 10, 1949, p. 46 S.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Multiplication d'ions par échangeurs d'ions.*

Note de M. **Antoine A. Guntz**, transmise par M. Louis Hackspill.

En associant le passage sur un échangeur d'ions acide et sur un sel neutre insoluble mais soluble sous la forme acide, il est possible d'obtenir un effluent affecté d'un coefficient multiplicateur.

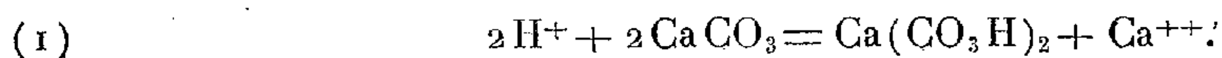
Les échangeurs d'ions, actuellement utilisés sur une grande échelle, prennent au Laboratoire d'analyses et de recherches une place telle que la technique de leur emploi peut se comparer aux techniques classiques de précipitation, distillation, etc.

La double décomposition saline, base de tant de préparations, étend ainsi son domaine : s'il est en effet facile, avec un acide, de préparer le sel correspondant, il est moins facile de faire l'opération inverse; elle était souvent laborieuse avant que l'échangeur d'ions sous la forme acide la simplifie heureusement.

Dans toutes ces réactions l'échange se fait équivalent pour équivalent et de façon suffisamment quantitative pour apporter à l'analyste un secours précieux. Mais il m'a paru possible de concevoir un dispositif d'échange avec multiplication de la façon suivante :

Nous remarquerons d'abord que, au cas où l'on dispose, en solution, d'un cation quelconque, il est possible de le transformer par échange en la quantité équivalente d'ions H^+; notre raisonnement peut donc sans perdre de sa généralité s'établir à partir d'un acide.

Si l'on fait réagir ces ions H^+ sur un sel neutre insoluble à sel acide soluble, on aura, avec le carbonate de calcium par exemple, la réaction suivante :



$$(1) \qquad 2H^+ + 2CaCO_3 = Ca(CO_3H)_2 + Ca^{++}.$$

La solubilité du bicarbonate fait que l'on obtient deux ions Ca^{++} à partir des deux ions H^+, c'est-à-dire une multiplication par 2 des équivalents.

Si l'on *échange* à nouveau la solution, les deux ions Ca^{++} donneront quatre ions H^+ qui, à leur tour, par une nouvelle réaction sur le sel insoluble, donneront quatre ions Ca^{++}.

Le processus pouvant se continuer, nous avons ainsi un mécanisme multiplicateur rapide qui n'est pas sans analogies avec celui des réactions en chaîne ou de certaines lampes amplificatrices.

En fait le carbonate de calcium n'est pas le sel le mieux indiqué; il se dissout mal dans la solution d'acide carbonique, la volatilité de CO_2 conduit à des pertes évidentes.

La plupart des sels neutres insolubles, solubles sous forme de sels acides, correspondent à des acides faibles; l'hydrolyse qui se superpose à la réaction (1), elle-même réaction d'équilibre, complique l'écriture et le bilan de la réaction.

J'ai pensé au sulfite et au phosphate au lieu du carbonate de calcium. Le sulfite réagit facilement, mais il est oxydable au cours des opérations et la volatilité de SO_2 intervient aussi.

Le phosphate, sous la forme tricalcique, pose un problème encore plus compliqué; il se transforme d'abord en bicalcique peu soluble. Il est donc impossible d'obtenir un coefficient multiplicateur qui soit égal au chiffre théorique simple : deux. Mais le principe de l'opération mérite d'être retenu.

A noter qu'elle n'est pas spécifique, à partir d'un cation quelconque on obtient sa multiplication en un autre cation qu'on peut toujours transformer à son tour par échange équivalent.

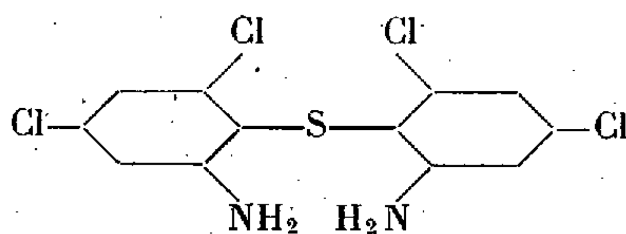
Une question se pose : celle d'une opération identique, symétrique, sur les anions. Cette opération peut-elle être envisagée avec un échangeur basique?

En principe, la condition nécessaire est l'obtention d'un sel neutre insoluble mais soluble sous forme de sel basique, condition qui paraît difficile à satisfaire avec l'ion OH.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une réaction anormale du disulfure de sodium avec des dérivés nitro-halogénés du benzène.* Note (*) de MM. **Robert Specklin** et **Jean Meybeck**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le dinitro-1.2 dichloro-4.6 benzène et le trichloro-1.2.4 nitro-6 benzène traités par le disulfure de sodium en milieu alcalin ne conduisent pas au disulfure attendu mais au monosulfure.

Dans le but de préparer le dichloro-4.6 amino-2 thiophénol nous avons soumis le tétrachloro-4.4′.6.6′ dinitro-2.2′ diphényl disulfure décrit par Blanksma [1] à la réduction, dans diverses conditions. Mais nous avons obtenu dans tous les cas un produit qui, d'après ses propriétés et les résultats analytiques, répond à la formule

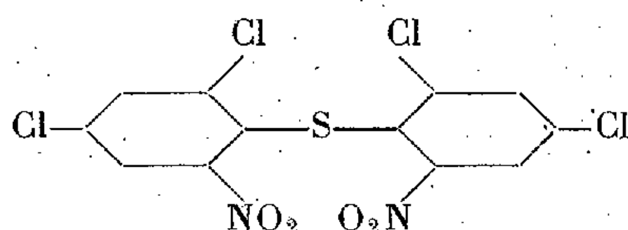


L'analyse du dérivé acétylé et du dérivé benzoylé confirme ce résultat. Nous avons alors analysé le *disulfure* supposé de Blanksma et nous avons constaté

(*) Séance du 10 juillet 1950.

[1] *Rec. Trav. Chim. P.-B.*, 27, 1908, p. 48.

qu'il s'agit en réalité d'un monosulfure



L'action du disulfure de sodium en solution alcoolique sur le dinitro-1.2 dichloro-4.6 benzène ne conduit donc pas au tétrachloro-4.4'.6.6' dinitro-2.2' diphényldisulfure, mais au monosulfure.

Nous avons essayé de préparer ce disulfure par action du disulfure de sodium sur le trichloro-1.2.4 nitro-6 benzène, mais le produit de la réaction est identique au précédent.

Le disulfure ne se forme donc pas. Il est possible que le substituant en position 6 du dinitro-1.2 dichloro-4.6 benzène et du nitro-1 trichloro-3.5.6 benzène, s'oppose à l'obtention d'une liaison disulfure. Ces résultats sont à rapprocher du fait que nous n'avons pas pu faire réagir le dichloro-5.6 nitro-1 benzène avec le disulfure de sodium quelles que soient les conditions opératoires.

Partie expérimentale. — 1° *Action du disulfure de sodium sur le dinitro-1.2 dichloro-4.6 benzène.* Nous avons obtenu comme Blanksma (1) un produit jaune fondant à 190° après cristallisation dans le toluène. Rdt 77 %.

Analyses : trouvé %, C 34,70; H 0,81; O 15,50; N 6,75; Cl 34,0; S 8,2; calculé %, C 32,30; H 0,90; O 14,35; N 6,27; Cl 31,8; S 14,3 pour $C_{12}H_4O_4N_2Cl_4S_2$; calculé %, C 34,80; H 0,96; O 15,45; N 6,76; Cl 34,3; S 7,8 pour $C_{12}H_4O_4N_2Cl_4S$.

2° *Action du disulfure de sodium sur le trichloro-1.2.4 nitro-6 benzène.* — A la solution chaude de $0^{mol},1$ ($22^g,6$) de trichloronitrobenzène dans 100^{cm^3} d'alcool, on ajoute $0^{mol},05$ de disulfure de sodium (12^g sulfure de sodium cristallisé; $1^g,6$ de soufre; 200^{cm^3} d'alcool) et l'on maintient l'ébullition 3 heures. On essore le précipité formé, lave à l'alcool, puis à l'eau. Après cristallisation dans le toluène, il fond à 190°. Point de fusion du mélange des produits obtenus en 1° et 2° : 190°.

3° *Réduction du tétrachloro-4.4'.6.6' dinitro-2.2' diphénylsulfure.* — On dissout 45^g du sulfure dans 1000^{cm^3} d'acide acétique glacial chaud et l'on ajoute par petites portions, en agitant, 120^g de poudre de zinc; on maintient 1 heure à reflux et coule dans 2^l d'eau chaude. Le précipité incolore qui se forme par refroidissement fond à 146,5-147°,5 après cristallisation dans l'alcool 80 %. Rdt 48 %.

Analyses : trouvé %, C 40,81; H 2,75; N 8,29; Cl 39,7; S 8,9; calculé %, C 40,70; H 2,82; N 7,91; Cl 40,1; S 9,04 pour $C_{12}H_8N_2Cl_4S$.

Dérivé acétylé ($C_{16}H_{12}O_2N_2Cl_4S$). Fines aiguilles fondant à 289-290° après cristallisation dans le toluène.

Analyses : trouvé %, N 6,77; S 7,2; calculé %, N 6,43; S 7,4.

Dérivé benzoylé ($C_{26}H_{16}O_2N_2Cl_4S$) : Aiguilles incolores de F 198-201°.

Analyses : trouvé %, Cl 25,1; S 5,9; calculé %, Cl 25,25; S 5,69.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de modifications chimiques de l'hydrocarbure caoutchouc sur son oxydabilité.* Note (*) de M. **Jean Le Bras** et Mlle **Jacqueline de Merlier**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La constitution de l'hydrocarbure caoutchouc, qui comprend une liaison éthylénique par maillon isoprénique, le rend très sensible à l'action de l'oxygène, et les travaux de Farmer ([1]) ont attiré l'attention sur le rôle joué par l'atome de carbone α-méthylénique dans le processus de l'oxydation. Comme il est possible de faire réagir sur le caoutchouc des produits capables de se fixer, les uns sur les doubles liaisons, les autres sur les carbones α-méthyléniques, nous avons cherché à déterminer quelle était l'influence de telles modifications sur l'oxydabilité.

Les réactifs choisis ont été le saligénol et l'anhydride maléique. D'après Cunneen, Farmer et Koch ([2]), le saligénol se fixe sur les doubles liaisons en formant un noyau chromanique I, ce que nous avons vérifié et confirmé par spectrographie ultraviolette sur les composés préparés. Quant à l'anhydride maléique, Delalande ([3]) a montré que ce produit et les substances apparentées, tel l'imide maléique, peuvent se combiner selon le mécanisme d'addition substituante indiqué par Alder ([4]) en donnant une molécule du type (II). Les réactions ont été effectuées à l'abri de l'air, d'après la technique de Ch. Moureu et Ch. Dufraisse ([5]), sur des solutions benzéniques de crêpe purifié et sans employer de catalyseur ([6]).

Nous avons ainsi préparé des caoutchoucs *modifiés*, comportant des proportions variables de saligénol (2,5 à 58^{mol} pour 100 groupes C_5H_8) ou d'anhydride maléique (7 à 19^{mol} pour 100 groupes C_5H_8), et nous avons mesuré les oxydabilités par la méthode manométrique, à 80°C. Les résultats obtenus peuvent se schématiser par les graphiques 1 et 2.

Le graphique 1 représente l'oxydabilité (exprimée par la montée du mercure, en millimètres, après une oxydation de dix heures) en fonction du nombre de

---

(*) Séance du 26 juin 1950.

([1]) Par exemple : E. H. Farmer, G. F. Bloomfield, A. Sundralingam et D. A. Sutton, *Trans. I. R. I.*, 38, 1942, p. 348.

([2]) *J. Chem. Soc.*, 472, 1943, p. 6.

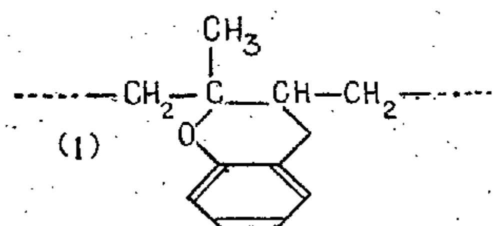
([3]) *Thèse*, Paris, 1947.

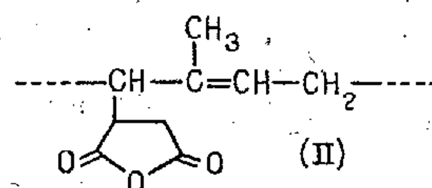
([4]) *Ber.*, 76, 1943, p. 27.

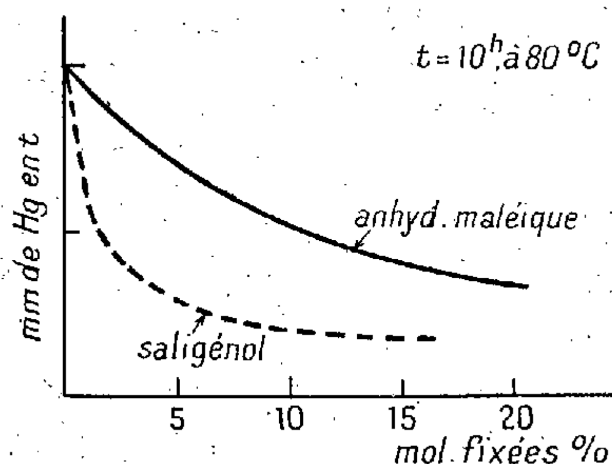
([5]) *Inst. intern. Chim. Solvay, IIe Conseil de Chimie*, 1925, p. 578.

([6]) Les caractéristiques physiques des produits obtenus dans de telles conditions permettent d'admettre que les réactions s'effectuent sans dégradation de la molécule et, du fait que l'on n'observe pas de gélification des solutions, sans formation de ponts intermoléculaires.

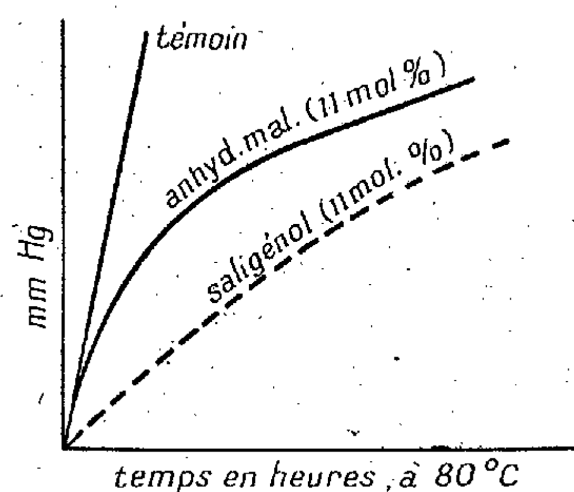
molécules de réactif fixées pour 100 maillons isopréniques. On constate d'abord que, dans aucun des deux cas, la diminution d'oxydabilité n'est proportionnelle au nombre de molécules fixées, c'est-à-dire soit, pour le saligénol, au pourcentage de doubles liaisons saturées, soit, pour l'anhydride maléique, au pourcentage de carbones α-méthyléniques bloqués. On note, par ailleurs, une très







Graphique 1.



Graphique 2.

nette différence d'allure entre les deux courbes, la saturation des doubles liaisons ayant une influence beaucoup plus marquée, tout au moins pour des taux de modification relativement faibles, que le blocage des carbones α-méthyléniques; c'est ainsi que l'oxydabilité se trouve diminuée de moitié pour environ 10^{mol} d'anhydride maléique fixées pour $100\,C_5H_8$, alors qu'il suffit de moins de 2^{mol} de saligénol pour produire le même résultat.

Sur le graphique 2, on a figuré les courbes d'absorption d'oxygène (montée du mercure, en millimètres, en fonction de la durée d'oxydation, en heures, à 80°C) pour le caoutchouc témoin et pour deux caoutchoucs modifiés comportant respectivement, pour $100\,C_5H_8$, 11 molécules de saligénol ou d'anhydride maléique. Dans le premier cas, l'oxydabilité est fortement diminuée dès le début de l'oxydation; dans le second, la vitesse initiale d'oxydation est, au contraire, presque identique à celle du témoin. Cette observation serait en faveur de l'hypothèse finalement émise par Farmer (7), suivant laquelle les réactions d'oxydation sont initiées par la fixation de l'oxygène sur les doubles liaisons : elle montre en effet que, par blocage de carbones α-méthyléniques,

(7) *Trans. I. R. I.*, 21, 1945, p. 122.

les réactions d'initiation ne seraient pas modifiées, alors qu'elles seraient ralenties par saturation de liaisons éthyléniques.

Il ressort de ces premiers résultats, d'une part, que des modifications chimiques de l'hydrocarbure caoutchouc peuvent agir de façon notable sur son comportement envers l'oxygène, d'autre part, que la manière dont les molécules *étrangères* sont fixées sur la macromolécule n'est pas indifférente.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les diaza-1.3 anthraquinones-9.10.* Note (*) de MM. **André Étienne** et **Maurice Legrand**, présentée par M. Charles Dufraisse.

L'oxydation chromique de la benzoquinazoline (I) et de quelques-uns de ses dérivés, substitués en position 4, détruit complètement la molécule, tandis que la dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4 benzoquinazoline (V*b*) est oxydée dans les mêmes conditions en mésoquinone (VI). Il est décrit, en outre, un produit d'association moléculaire de (V) et de (VI). La chloration de (VI) est étudiée.

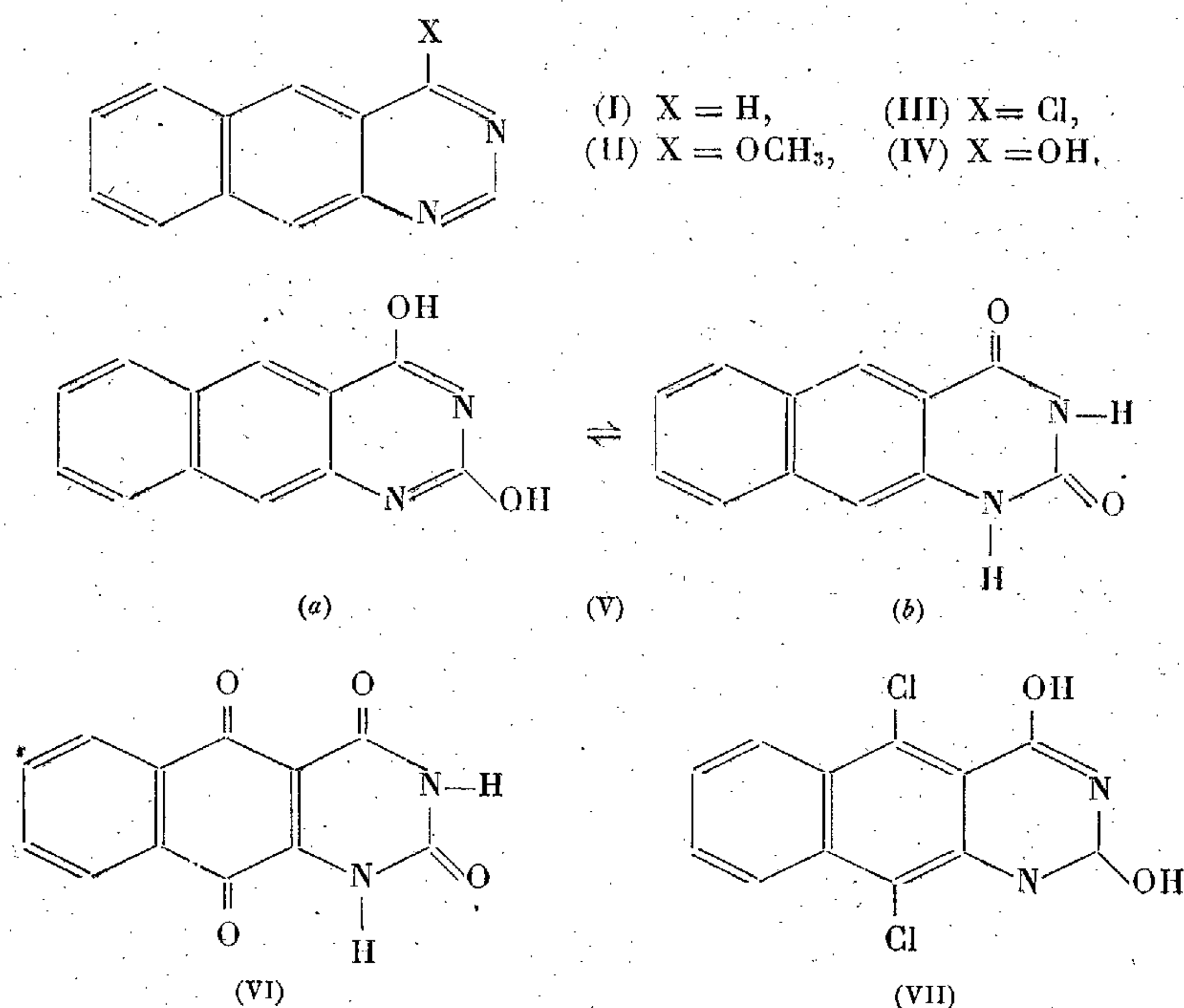
Les molécules à enchaînement diaza-1.3 anthracénique (benzoquinazolines linéaires) doivent posséder à la fois les propriétés des quinazolines et celles des anthracènes. Les études, se rapportant à quelques caractères du premier type, ont déjà été publiées ([1]). Nous avons voulu ensuite examiner les propriétés du deuxième type, c'est-à-dire celles qui se rapportent aux caractères anthracéniques. Nous décrivons, dans cette Note, quelques phénomènes ayant trait à l'oxydation chimique (par les oxydants) des diaza-1.3 anthracènes, préparés antérieurement.

La benzoquinazoline (I) et quelques-uns de ses dérivés, la méthoxy-4 (II), la chloro-4 (III) et l'hydroxy-4 (IV), (1^{mol}) traités par un excès d'acide chromique (2,5 à 3^{mol}) sont détruits complètement. Des produits de dégradation, solubles dans l'eau, on ne peut séparer qu'une petite quantité de résines et quelques cristaux hexagonaux de la dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4 diaza-1.3 anthraquinone-9.10 (VI), dont nous parlerons plus loin. Si l'on emploie une quantité plus faible de CrO_3 et que l'on opère à plus basse température, il se forme dans les trois premiers cas, de l'hydroxy-4 benzoquinazoline (IV) que l'on peut isoler; pour la benzoquinazoline (I), il y a oxydation en position 4 alors que pour la méthoxy-4 (II), il y a déméthylation par l'acide chromique et oxydation de l'alcool méthylique libéré; quant au dérivé chloré (III), il est hydrolysé par le milieu acide. Dans ces trois exemples, c'est donc l'intermédiaire commun, l'hydroxy-4 benzoquinazoline (IV) qui est dégradé complètement par oxydation sans qu'il y ait possibilité d'obtenir de quinone. Cette réaction n'est en somme qu'un cas de sensibilisation aux oxydants, d'un noyau

(*) Séance du 3 juillet 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 220.

aromatique par un oxhydryle phénolique. Elle nous enlève tout espoir d'obtenir des quinones monosubstituées en 4 par cette voie. Ceci nous montre encore, que, à la différence de ce qui a lieu chez l'anthracène et les azanthracènes-α et β, c'est le carbone 4 qui est le plus sensible à l'oxydation.



Ces essais n'ayant pas donné les résultats escomptés, nous avons voulu étudier l'oxydation de la dihydroxy-2.4 benzoquinazoline (V), corps déjà connu ([2]). A la différence de ce qui se passe pour la monohydroxy (IV), ce dérivé (V), supposé dihydroxylé en 2.4, n'est pas détruit par l'oxydant, mais conduit à une anthraquinone et la donne même avec un excellent rendement. C'est un résultat surprenant, car deux oxhydryles phénoliques devraient sensibiliser le noyau plus qu'un seul. Nous en concluons que les fonctions oxygénées n'ont pas la même forme dans les corps (IV) et (V) : dans le premier on aurait la forme énolique, faisant du corps un véritable phénol, tandis que dans le second, ce serait la forme exclusivement cétonique, qui représenterait l'état stable de la structure et alors le composé serait, en réalité, la dioxo-2.4 tétrahydroxy-1.2.3.4 benzoquinazoline (V*b*). En conséquence, il est logique de considérer la quinone correspondante comme étant, elle aussi, de la forme cétonique, pour les fonctions oxygénées latérales, ce qui en fait la dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4 diaza-1.3 anthraquinone-9.10.

L'oxydation ménagée d'une molécule de dioxo-2-4 tétrahydro-1.2.3.4

([2]) *I. G. Farbenindustrie, E. P.*, 494-243.

benzoquinazoline par moins de 2^{mol} de CrO_3, conduit à un produit rouge, bien défini, F_{inst} 365°, $C_{24}H_{14}N_4O_6$, que nous considérons comme un produit d'association moléculaire d'une molécule de dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4 benzoquinazoline (V) et d'une molécule de dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4 diaza-1.3 anthraquinone-9.10 (VI) : il en a la composition centésimale ($C_{24}H_{14}O_6N_4$), et on l'obtient aussi bien par simple mélange de solutions acétiques équimoléculaires, chaudes, de chacun des deux constituants (V) et (VI). La coloration rouge n'existe que dans les cristaux : les solutions n'ont que la coloration jaune de la dioxoquinone (VI). Cependant il représente bien une combinaison définie, puisqu'il sublime sans décomposition et donne une dépression de point de fusion en mélange avec chacun des deux constituants.

Ce produit se transforme en dioxoquinone (VI) par oxydation chimique. L'étude de la nature de cette combinaison est en cours.

Enfin, la chloration de la dioxoquinone (VI) a été étudiée. Le PCl_5 dans $POCl_3$ à chaud, conduit à un dérivé dichlorédihydroxylé, dimorphe, $C_{12}H_6N_2Cl_2O_2$, F_{inst} 319 et 330°. Ce produit est dichloré en méso : ce serait le dichloro-9.10 dihydroxy-2.4 diaza-1.3 anthracène (VII), au lieu de la dichloro-2.4 diaza-1.3 anthraquinone-9.10 provenant de la chloration des oxhydryles en 2.4, que l'on est en droit d'attendre. La structure proposée s'accorde avec les résultats suivants : Ce dérivé chloré ne donne pas de cuve, les solutions sont fluorescentes, il n'est pas hydrolysé par les acides ou les alcalis aqueux et l'oxydation chromique redonne le produit initial.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Méthode de chloruration directe des aldéhydes aliphatiques. Application à la préparation du chloral.* Note (*) de MM. **Henri Guinot** et **Jean Tabuteau**, transmise par M. Charles Dufraisse.

Méthode de chloruration des aldéhydes consistant à faire réagir directement le chlore sur une solution chlorhydrique aqueuse de l'aldéhyde à traiter. La concentration en acide chlorhydrique de la solution est réglée de manière à éviter l'action oxydante du chlore afin que celui-ci puisse agir uniquement comme halogénant. La méthode permet d'obtenir, avec d'excellents rendements, exclusivement les dérivés chlorés en α.

On sait que l'halogénation directe des aldéhydes conduit en principe à la production de dérivés halogénés en position α, mais les rendements obtenus sont généralement fort mauvais à cause de la sensibilité même du groupe CHO aldéhydique qui tend soit à s'oxyder soit surtout à donner lieu à des réactions de condensation [1].

C'est pourquoi on est souvent contraint de choisir comme matières

---

(*) Séance du 10 juillet 1950.

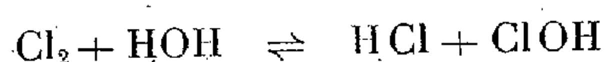
[1] Al. Kirrmann, *Annales de Chimie*, **2**, 1928, p. 223-286.

premières des dérivés dans lesquels la fonction aldéhydique se trouve dissimulée, par exemple, dans les dérivés para ou les acétals. Lorsqu'on halogène un dérivé para, il faut ensuite le dépolymériser, par action de la chaleur par exemple; néanmoins les résultats obtenus sont le plus souvent peu satisfaisants (²). Par contre, l'emploi des acétals peut conduire parfois à des rendements plus acceptables (³), mais les réactions secondaires restent importantes et il faut hydrolyser l'acétal après l'halogénation.

Or, il est possible d'halogéner directement les aldéhydes aliphatiques avec de bons rendements en dérivés α et plus spécialement de les chlorer, à condition d'effectuer la réaction en solution aqueuse et en milieu fortement chlorhydrique.

Tout se passe alors comme si le chlore perdait son pouvoir oxydant habituel et se comportait uniquement comme un agent d'halogénation.

On peut imaginer que la réaction équilibrée



$$Cl_2 + HOH \rightleftharpoons HCl + ClOH$$

ne pouvant s'effectuer dans le sens de la production de ClOH dans les conditions choisies, seule peut se déclencher la réaction de chloruration.

Celle-ci est d'ailleurs active, ce qui permet de travailler à des températures relativement basses afin d'éviter les réactions secondaires de condensation analogues à la production du butychloral dans la chloruration du paraldéhyde (⁴).

Nous avons eu l'occasion de mettre au point cette méthode de chloruration en partant de monochloracétaldéhyde préparé avec un rendement presque quantitatif par action de l'eau de chlore sur le chlorure de vinyle (⁵). Notre objectif était l'oxydation de ce monochloracétaldéhyde en acide monochloracétique par l'eau de chlore, réaction qui est très aisée et se fait également avec d'excellents rendements. En faisant varier les conditions de travail nous avons reconnu qu'il était facile de provoquer à volonté soit la chloruration, soit l'oxydation du monochloracétaldéhyde et aboutir ainsi en particulier au chloral.

Nous avons ensuite généralisé la méthode en l'appliquant notamment à l'acétaldéhyde ou au paraldéhyde et à certains aldéhydes aliphatiques inférieurs qui donnent lieu habituellement à d'importantes réactions secondaires.

Dans le cas de l'éthanal, on observe que la chloruration se fait par paliers

---

(²) KRAMER et PINNER, *Monatshefte*, 158. p. 37; RICHARD FRIEDRICH, *Am.*, 206, 1881, p. 251; *Franke Monatshefte*, 21, p. 205, 210 et 1128; *Lieb. Annalen*, 351, 1907, p. 423; FREUNDLER, *Bull. Soc. Chim.*, 4ᵉ série, 1, 1907, p. 71.

(³) *J. Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 1552.

(⁴) FREUNDLER, *Bull. Soc. Chim.*, loc. cit.

(⁵) Brevet français I. G. Farben, nº 662361, du 6 août 1929.

très nets. Ainsi, en opérant par exemple avec une solution chlorhydrique aqueuse d'éthanal, de concentration 4,5 N pour l'aldéhyde et 7 N pour l'acide, on déclenche une chloruration active dès la température de 18-20°. Puis la vitesse de réaction s'annule presque lorsqu'on a fixé approximativement un atome de chlore par molécule d'acétaldéhyde. Il faut alors élever la température jusqu'au voisinage de 35-40° pour obtenir à nouveau une chloruration active. A ce moment l'étude des produits de la réaction montre qu'il s'est formé presque exclusivement du dichloracétaldéhyde : $CHCl_2-CHO$.

Enfin pour fixer le troisième atome de chlore, il faut porter la température jusqu'à 80° et finir la réaction vers 90° sous puissant reflux, car le gaz chlorhydrique se dégage vigoureusement au cours du chauffage, en ayant tendance à entraîner le di- et le trichloracétaldéhyde existant dans la solution aqueuse.

Le même mode opératoire peut être appliqué directement au paraldéhyde qui se dépolymérise au fur et à mesure de la chloruration. Il conduit à des rendement élevés, dépassant 90 % et parfois presque quantitatifs, de l'un ou l'autre des trois aldéhydes chlorés de l'acétaldéhyde.

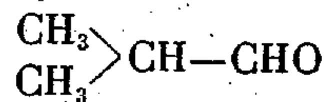
On les sépare de la solution aqueuse soit par distillation fractionnée sous léger vide pour éviter toute destruction due à un chauffage prolongé en présence de liqueurs chlorhydriques, soit par extraction au moyen de solvants.

Le chloral et le dichloracétaldéhyde se prêtent particulièrement bien à cette deuxième technique de séparation en raison des coefficients d'extraction élevés qu'on enregistre avec divers solvants en particulier avec l'éther sulfurique ordinaire dont l'emploi au laboratoire reste particulièrement commode.

Nous avons essayé d'appliquer la méthode à d'autres aldéhydes aliphatiques et en particulier au butanal N et à l'isobutanal qui donnent des réactions particulièrement nettes.

Avec le butanal N la chloruration est active dès la température de 15° et l'on obtient le dérivé monochloré α bouillant à 107° sous 760^{mm}. En élevant la température au voisinage de 30° on obtient le dérivé dichloré en α dont le point d'ébullition est de 115-117° à la pression ordinaire. Ensuite on n'arrive plus à fixer de chlore même en portant la solution chlorhydrique aqueuse au voisinage de l'ébullition.

Avec l'isobutanal :



nous n'avons pu fixer qu'un seul chlore, la réaction se produisant aisément dès la température de 20-25°; ces différents exemples tendent à démontrer que, par cette méthode, on ne peut réaliser que la chloruration en α.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et propriétés physiques des éthers-oxydes symétriques dérivés des alcools du domaine des corps gras.* Note de MM. **Roger Perron** et **Charles Paquot**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Dans une précédente Note (¹) nous avons précisé les conditions optima de préparation du dihexadécyléther par éthérification de l'hexadécanol-1 en présence d'acide *p*-toluènesulfonique, le système étant modifié au bout de 105 minutes par introduction de gaz ammoniac sec dans la masse pour neutraliser l'acide catalyseur libre et en continuant ainsi 3 heures sous vide, l'acide sulfonique étant ainsi neutralisé au fur et à mesure de sa libération de l'ester intermédiaire.

Nous avons préparé de façon identique, les éthers-oxydes symétriques dérivés du dodécanol-1 ($C_{24}H_{50}O$), du tétradécanol-1 ($C_{28}H_{58}O$), de l'octadécanol-1 ($C_{36}H_{74}O$), et de l'octadécène-9 ol-1 ($C_{36}H_{70}O$).

La purification de l'éther contenu dans la phase grasse brute obtenue, se fait en procédant tout d'abord à une saponification par la potasse caustique, en vue d'éliminer l'ester dérivé de l'alcool et de l'acide sulfonique, puis en séparant l'alcool, l'éther, et la faible quantité d'hydrocarbure éthylénique formé, par cristallisations dans les alcools méthylique ou éthylique, ou mieux dans l'acétone.

Les masses brutes ont accusé selon les diverses productions, des teneurs de 75 % à 80 % en éther.

Quant aux rendements en produits purs, ils se sont élevés respectivement à :

Di-*n*-dodécyléther	34 %
Di-*n*-tétradécyléther	38
Di-*n*-hexadécyléther	42
Di-*n*-octadécyléther	46
Di-*n*-octadécényl-9 éther	40

les quatre éthers saturés ayant été cristallisés dans l'alcool méthylique, et le di-*n*-octadécényl-9 éther dans l'acétone. (Cet éther, cristallisé dans les alcools méthylique ou éthylique, donne un trouble non filtrable coexistant avec les cristaux, d'où pertes importantes; ce phénomène n'a pas lieu dans l'acétone.)

Éthers.	Points de fusion °C.	Densités.	Indices de réfraction.	Tensions superficielles.
Di-*n*-dodécyléther	32–33	D_4^{36} 0,8107	n_D^{39} 1,4393	29,7 dynes/cm
Di-*n*-tétradécyléther	36–37	D_4^{43} 0,8117	n_D^{45} 1,4422	29,2 »
Di-*n*-hexadécyléther	53–54	D_4^{56} 0,8110	n_D^{58} 1,4392	28,2 »
Di-*n*-octadécyléther	59–60	D_4^{62} 0,8072	n_D^{62} 1,4400	28,2 »
Di-*n*-octadécényl-9 éther	34–35	D_4^{40} 0,8112	n_D^{38} 1,4560	30,1 »

(¹) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 584.

Diverses constantes physiques de ces éthers ont été déterminées et sont rassemblées dans le tableau ci-dessus.

Ces corps sont insolubles dans l'eau, et très solubles dans le chloroforme, même à froid. Les solubilités dans l'éther éthylique, le tétrachlorure de carbone et le benzène, tout en restant grandes, diminuent rapidement quand on abaisse la température à laquelle s'opère la dissolution. Le di-*n*-dodécyléther reste cependant très soluble à froid dans tous ces solvants. Le di-*n*-octadécényl-9 éther est très soluble même à froid dans le benzène, l'éther et le chloroforme, mais beaucoup moins dans le tétrachlorure de carbone.

Tous sont peu solubles dans les alcools méthylique et éthylique; par contre, ils sont notablement solubles à l'ébullition dans l'acétone, tout en l'étant peu à froid.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Examen au microcoscope électronique de cristaux de paraffine.* Note (*) de MM. **Louis Robert** et **Jacques Buzon**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Des cristaux de paraffine formés par évaporation d'une solution de paraffine commerciale dans l'éther de pétrole ont été examinés au microscope électronique. Grâce à un ombrage des préparations sous incidence très rasante, on a mis en évidence des couches monomoléculaires de paraffine correspondant aux plans [001], dont on a pu estimer l'épaisseur.

L'étude a porté sur une paraffine commerciale solide, de provenance américaine. Le point de fusion de cette paraffine est de 75° C environ. Ce haut point de fusion a été choisi pour éviter la fusion éventuelle des cristaux sous l'effet thermique des chocs électroniques dans le microscope. Cette paraffine commerciale n'a pas subi de purification particulière. A partir du point de fusion, on peut estimer qu'elle doit contenir des hydrocarbures aliphatiques assez lourds, comportant de 30 à 40 atomes de carbone par molécule.

La préparation de l'échantillon est la suivante : on met environ 20^{mg} de paraffine dans 10^{cm^3} d'éther de pétrole. Une partie de la paraffine passe en solution, le reste formant un gel. Le gel est décanté et la solution est filtrée sur un verre fritté. Une goutte du filtrat est évaporée sur la membrane de parlodion du porte-objet.

L'examen direct de l'image au microscope électronique permet de localiser sur la préparation des structures cristallines feuilletées (rhomboédriques, pentagonales, hexagonales et étoilées) et des structures d'apparence amorphes ou huileuses. Afin de faire mieux apparaître les structures feuilletées entrevues, des ombrages au chrome ont été faits sur les préparations intéressantes.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

Les figures 1 et 2 représentent l'aspect direct des feuillets formés sur la membrane de parlodion, et l'aspect de ces feuillets après un ombrage au chrome sous incidence très rasante. Il ressort des clichés qu'il y a eu généralement formation de feuillets prismatiques, orthorhombiques ou monocliniques.

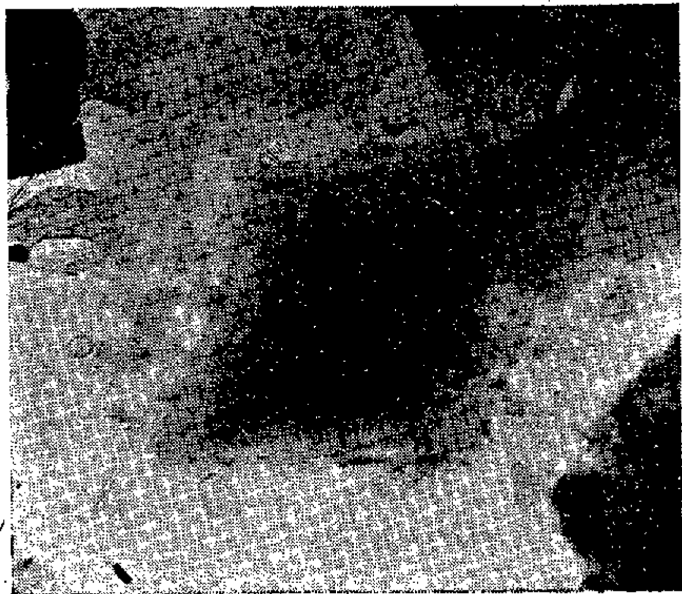


Fig. 1. — Observation directe au microscope électronique. (G. : 8500.).

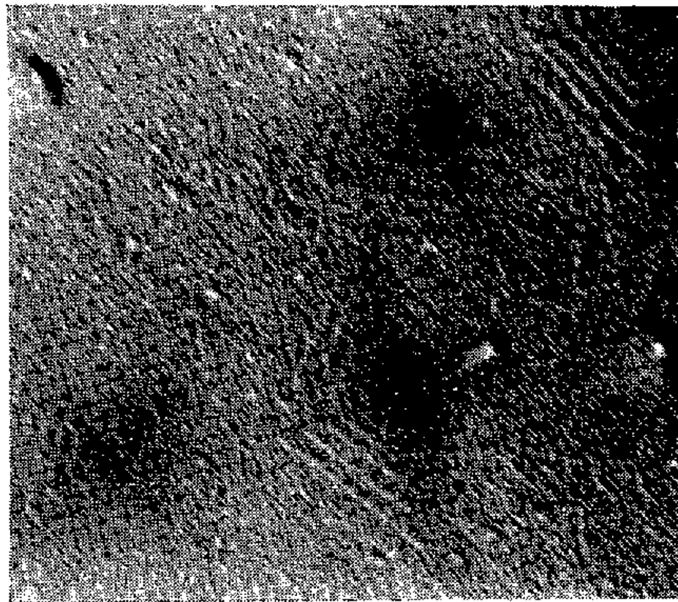


Fig. 2. — Observation après ombrage au chrome. (G. : 8500.)

5 à 10 feuillets de dimensions de plus en plus petites se superposent pour former une sorte de pyramide que l'on peut représenter schématiquement comme sur la figure 3, où les feuillets sont supposés orthorhombiques.

La mesure des angles de la face rhomboédrique de ces prismes donne pour

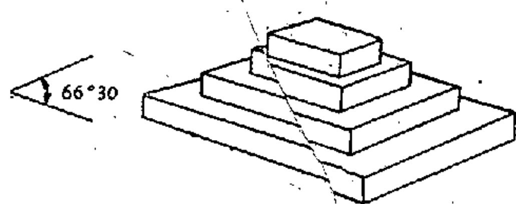


Fig. 3. — Assemblage des feuillets prismatiques.

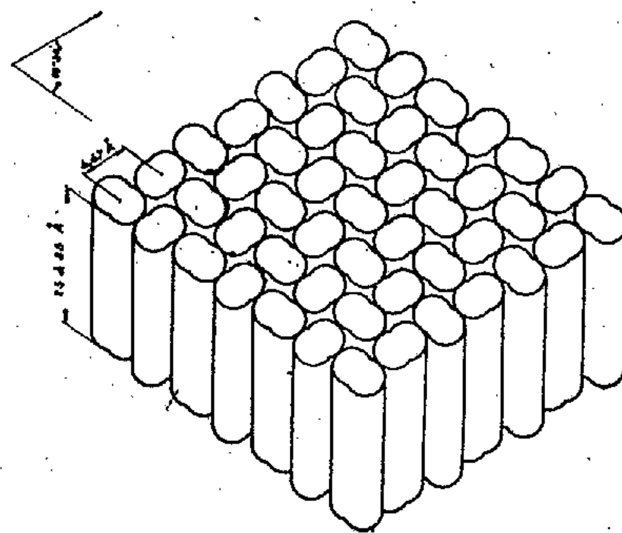


Fig. 4. — Disposition schématique des molécules dans un feuillet.

l'angle aigu des valeurs comprises entre 66°30 et 66°. Il apparaît donc que l'on a affaire à des couches de molécules de paraffine dont les plans [001] sont parallèles à la membrane de parlodion, ces couches étant limitées latéralement par les plans [110]. En effet d'après les travaux de Muller [1] on peut facilement

---

(1) *Proc. Roy. Soc.*, 120, 1928, p. 437.

calculer les angles des prismes limités par les plans [110], [210] et [310]. On trouve les angles aigus suivants : plans [110] : 66°30; plans [210] : 73°40; plans [310] : 53°40.

L'assemblage des molécules dans ces petits prismes est donc représenté comme l'indique la figure 4, en supposant les chaînes perpendiculaires aux plans [001].

Ces couches de paraffine sont-elles monomoléculaires ? L'examen des clichés obtenus par ombrage permet de calculer, à partir de la longueur de l'ombre portée d'une couche et de l'angle d'incidence du faisceau de molécules de chrome ayant servi à ombrer, l'épaisseur de cette couche. L'incidence d'ombrage était très rasante : $\theta = 5/100$ de radian. La longueur de l'ombre portée est de $0^{mm},5$ environ pour un grandissement de 8.500, ce qui correspond réellement à 600 Å. On en déduit que l'épaisseur des couches prismatiques est de l'ordre de 30 Å.

Si l'on suppose que les chaînes hydrocarbonées sont perpendiculaires aux plans [001] (paraffines cristallisant dans le type A), la longueur de ces chaînes est de l'ordre de 30 Å, correspondant à 23 atomes de carbone.

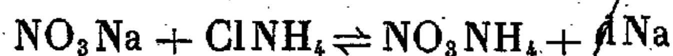
En supposant que les paraffines aient cristallisé dans le type B ou C, les chaînes font avec les plans [001] un angle β qui peut valoir 60°. Les chaînes hydrocarbonées correspondent dans ce cas à environ 30 atomes de carbone.

Ces valeurs montrent que les feuillets mis en évidence ne sont constitués que d'une seule assise de molécules. Ainsi des couches monomoléculaires de paraffine, d'une trentaine d'Angströms d'épaisseur, sont mises en évidence.

D'autre part, il faut noter que l'évaporation de la fraction de paraffine commerciale soluble dans l'éther de pétrole ne donne pas sur la membrane de parlodion une couche uniforme de paraffine cristallisée, mais un ensemble dispersé de microcristaux feuilletés avec les plans [001] parallèles à la membrane de parlodion et de dépôts d'apparence non cristallisée et huileuse.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Épitaxie et réactions chimiques : attaque acide ou doubles décompositions salines produisant* NO_3Na *orienté sur* ClNa. Note de MM. **Raymond Hocart** et **Jean-Claude Monier**, transmise par M. Charles Mauguin.

Nous avons montré précédemment (1) que dans la réaction de double décomposition :



$$NO_3Na + ClNH_4 \rightleftharpoons NO_3NH_4 + ClNa$$

une solution saturée de chlorure d'ammonium dépose des cristaux de chlorure de sodium orientés par rapport à ceux du nitrate de sodium soumis à l'attaque et préalablement déposés sur du mica.

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1039.

Corrélativement, il est possible de déposer des cristaux de nitrate de sodium en accolements réguliers sur un cristal de chlorure de sodium dans d'autres conditions expérimentales. L'orientation relative la plus fréquente des deux sels est la même que ci-dessus, c'est-à-dire : deux orientations d'un cristal de chlorure de sodium sur un cristal de nitrate de sodium, et quatre orientations d'un cristal de nitrate de sodium sur un cristal de chlorure de sodium : l'une ou l'autre des rangées [100] ou [010] d'une face [001] du rhomboèdre *p* de nitrate de sodium est parallèle à l'une des rangées [100] du cristal porteur. Avec une fréquence moindre, nous avons aussi trouvé, dans les essais récents, que l'une ou l'autre des mêmes rangées du nitrate de sodium s'oriente parallèlement aux rangées [120] du porteur; cela conduit à quatre autres orientations du nitrate, avec $2 \times 6,48 = 12,96$ Å pour NO_3Na correspondant à 12,58 Å pour ClNa.

Ces épitaxies ne se font pas selon les méthodes usuelles, c'est-à-dire par dépôt ou refroidissement brusque d'une solution saturée de nitrate de sodium mise en contact avec ClNa; on n'obtient ainsi que des cristaux de nitrate éparpillés sur ClNa avec une face de rhomboèdre et de cube en contact, mais le plus souvent sans épitaxie.

Les accolements décrits ci-dessus s'obtiennent bien par deux procédés distincts :

1° L. Wieninger et N. Adler ([2]) signalent que par action de fumées d'acide nitrique chaud sur Cl Na on obtient des cristaux microscopiques de NO_3 Na ayant parfois une orientation marquée sur ClNa. Dans nos essais, effectués selon la même technique, les épitaxies sont excellentes, mais nous observons tout d'abord qu'il se fait une légère corrosion, surtout par figures à contours rectangulaires, sur [001], due à la projection de très fines gouttelettes acides; il se forme ensuite de très nombreux cristaux de nitrate de sodium parfaitement orientés. L'orientation dans un même domaine est strictement constante à 1/10 de degré près. Cette qualité permet de repérer le passage d'un domaine à un autre d'une face [001] du porteur, donc de déceler l'hétérogénéité de celle-ci. Par exemple, le décalage d'orientation des groupes de cristaux les uns par rapport aux autres atteint 1°,5 sur des cristaux de chlorure de sodium limpides (Varangéville).

L'action des vapeurs de peroxyde d'azote par décomposition du nitrate de plomb produit les mêmes épitaxies, mais en cristaux beaucoup plus menus; nous attribuons ce fait à une moindre attaque locale par des vapeurs plus sèches.

2° D'autre part nous avons recherché par des expériences d'un type différent l'évidence de la corrosion humide, comme condition préalable d'un bon accolement; tel est le cas lors de l'évaporation sur Cl Na de solutions saturées

([2]) *Nature*, 163, 1949, p. 989.

à température ordinaire, faites de l'un ou l'autre des nitrates suivants : $(NO_3)_2Ba$, $(NO_3)_2Pb$, NO_3Ag, NO_3NH_4, et déposées sur un clivage de ClNa dans les mêmes conditions de température.

Dans chacun de ces essais il y a corrosion du clivage de ClNa, et la double décomposition produite entre le nitrate apporté en solution saturée et le chlorure de sodium porteur conduit à un dépôt ultime de nitrate de sodium dans tous les domaines de la face [001] du porteur où l'enchevêtrement des premiers cristaux déposés (qui sont faits du nitrate apporté : $(NO_3)_2Ba$, ...) laisse accessible un élément de ce clivage; les cristaux de nitrate de sodium ont les orientations décrites ci-dessus, attribuables, comme dans le cas des fumées acides, à l'attaque du cristal porteur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles recherches sur le tropisme des racines.* Note de M. **Joseph Sivadjian**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons montré dans une Note antérieure [1] que lorsqu'on faisait germer une graine de Haricot dans un récipient cylindrique en verre, placé horizontalement et soumis à un lent mouvement de rotation autour de son axe, les racines, au lieu de prendre une direction quelconque, malgé la suppression de l'effet de la pesanteur, continuaient à s'enfoncer dans le verre en se dirigeant vers la base du récipient, tandis que les tiges venaient toujours s'épanouir à l'air. La plantule se développait donc horizontalement, continuant à avoir toujours sa base dans la terre et la partie verte hors de celle-ci. Nous avons montré en même temps que si on laissait le pot immobile, mais renversé, la racine, en se développant, au lieu de suivre fidèlement la direction de la pesanteur, poursuivait sa croissance pendant un certain temps, dans le sens horizontal, avant de venir émerger au dehors, tandis que dans la position normale, la descente de la racine dans la profondeur de la terre a lieu d'une manière absolument verticale.

Nous avons donc pensé, conformément à la théorie du géotropisme, qu'on était ici en présence de deux tropismes distincts, dont nous avions pu opérer la dissociation, l'action de l'hydrotropisme l'emportant sur celle du géotropisme.

L'on sait cependant que la gravitation n'exerce aucune action directe sur les processus chimiques; elle ne peut donc pas intervenir d'une façon immédiate dans le métabolisme cellulaire et dans les phénomènes de croissance qui en dépendent étroitement. Nous nous sommes donc demandé si cette réaction, soi-disant géotropique, n'était pas elle aussi en réalité la manifestation indirecte

---

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 862.

de l'hydrotropisme, en ce sens que la racine prendrait, dans sa croissance, la direction que prend l'eau elle-même en pénétrant dans le sol. Dans cette hypothèse, la racine suivrait en somme le gradient d'humidité qui va en augmentant de la surface à l'intérieur.

Pour répondre à cette question, nous avons fait germer des graines de Haricot sur une couche de sable de 2^{cm} d'épaisseur, en les recouvrant par une couche de terre végétale d'une égale épaisseur. Nous avons placé le tout dans un panier métallique grillagé, dont nous avons recouvert le fond d'une feuille de papier filtre, pour empêcher l'écoulement du sable.

Si, dans ces conditions, on arrose abondamment les graines, celles-ci germent et la racine principale, de même que les radicelles, s'enfoncent profondément dans le sable. Si, au contraire, on s'arrange de façon à arroser uniquement la couche de terre, en maintenant rigoureusement sèche la couche de sable par un courant d'air continu balayant le fond du panier suspendu, alors la racine principale avorte le plus souvent ou ne se développe que fort peu et les racines secondaires qui poussent à sa place, au lieu de pénétrer dans le sable, se développent toutes dans un plan horizontal et viennent même parfois émerger à la surface. Lorsque la racine principale avorte, les racines secondaires partent toutes d'un même niveau, de façon à former une véritable racine fasciculée. Parfois ces racines prennent un tel développement qu'elles rampent fort loin de leur point d'insertion, en imitant les rhizomes, et les radicelles qui naissent sur ces racines secondaires, viennent se placer toutes dans le plan horizontal.

L'hydrotropisme positif ou plus exactement l'hygrotropisme de la racine, signalé ici, n'est nullement en contradiction avec l'hydrotropisme négatif observé par Cisielski ([2]), en plaçant le sommet de la racine de Maïs à la surface de l'eau, puisque dans le cas des graines de Haricot c'est le gradient d'humidité qui intervient et non pas le contact massif de l'eau.

En résumé, malgré les théories séduisantes qui ont été proposées pour expliquer la courbure géotropique des végétaux (théorie des statolithes, théorie hormonale), nous pensons avoir montré que cette courbure n'était en réalité que la conséquence normale de l'affinité de la racine pour l'humidité, c'est-à-dire de son hygrotropisme ([3]).

([2]) M. Rose, *La question des tropismes*, Paris, 1929, p. 48.

([3]) D'autres observations plus détaillées, conduisant aux mêmes résultats, seront prochainement publiées dans un autre recueil.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le rôle du diamètre pupillaire et des images entoptiques dans la perception des seuils de contraste de l'œil.* Note de M. **Albert Arnulf** et Mlle **Odette Dupuy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans une précédente Note nous avons indiqué que le seuil de contraste photométrique de l'œil, C_t, obtenu en éliminant l'effet des images entoptiques par l'emploi d'une pupille mobile, est donné, à *éclairement rétinien constant*, par la formule :

$$(1)\qquad C_t = C_0\left(1+\frac{A}{\omega}\right),$$

A étant une constante relative à l'observateur, ω, le diamètre pupillaire, C_0 un seuil limite qui ne dépend que de la luminance.

Les résultats qui suivent concernent les seuils de contraste C_i obtenus dans les conditions habituelles de vision, avec l'intervention des images entoptiques (pupille immobile), les conditions expérimentales étant identiques à celles de la Note rappelée ci-dessus.

a. Pour un éclairement constant de l'image rétinienne, le rapport C_i/C_t est hyperbolique en fonction de ω. On a, si la luminance apparente constante de l'image, *b*, varie

$$(2)\qquad \left(\frac{C_i}{C_t}-1\right)\omega = f(b).$$

b. Pour un diamètre pupillaire constant, la distribution des contrastes de l'image optique de l'œil est évidemment indépendante de la luminance. Nous exprimons ce fait le plus simplement possible par la relation

$$(3)\qquad C_i - C_t = \varphi(\omega).$$

De (1), (2) et (3) on tire

$$\varphi(\omega) = \frac{f(b)C_t}{\omega} = \frac{f(b)C_0}{\omega}\left(1+\frac{A}{\omega}\right),$$

$f(b)$ et C_0 étant indépendants de ω, on a

$$f(b)C_0 = \text{const.} = Q.$$

On obtient finalement

$$(4)\qquad C_i = C_t\left(1+\frac{Q}{\omega}\right) = \left(C_0+\frac{Q}{\omega}\right)\left(1+\frac{A}{\omega}\right),$$

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1057.

Q étant une constante dépendant de l'observateur, indépendante de b et de ω.

1° Les valeurs moyennes des constantes A et Q, obtenues pour quatre observateurs, pour des luminances apparentes comprises entre 3,75 et 0,03 nits et des valeurs de ω comprises entre 0,1 et 2^{mm}, sont les suivantes :

Observateurs........	A. A.	F. F.	C. A.	V.
A..................	0,084	0,078	0,074	0,130
Q..................	0,0035	0,0023	0,0037	0,0028

2° Les moyennes des écarts en valeur relative entre les valenrs de C_i et C_t mesurées et calculées par la formule (4), pour la totalité du domaine de mesures de l'observateur A. A, sont de 13 % pour C_t et de 16 % pour C_i. On a, pour cet observateur,

$$C_0 = \frac{1,12.10^{-3}}{b}(1 + 2,53\sqrt{b})^2 \quad \text{(formule de Hecht)}.$$

3° Pour les diamètres pupillaires inférieurs à $0^{mm},2$ et supérieurs à 2^{mm}, les valeurs mesurées de C_i et C_t sont systématiquement plus grandes que les valeurs calculées. Cela provient, dans le premier cas, de ce que la largeur de la zone de transition d'éclairements entre les deux plages photométriques déborde la partie centrale de la fovéa, en faisant intervenir des parties extérieures dont la sensibilité au contraste est moindre (le rayon de la tache image d'un point, pour $\omega = 0^{mm},1$ est d'environ 25 minutes d'arc). Pour les pupilles dépassant 2^{mm}, la discordance est due, pour une part aux aberrations de l'œil, mais surtout aux fluctuations inévitables de son accommodation. Pour l'observateur A. A., presbyte, cette discordance n'est pas décelable.

4°. Des mesures cohérentes de C_i, pour les petits diamètres pupillaires n'ont pu être obtenues qu'en évitant soigneusement la présence, dans le champ de vision fovéal, des ombres entoptiques mobiles en forme de filaments, qui ont pour effet de diminuer considérablement et de manière désordonnée la faculté de perception des contrastes.

5° Les principales difficultés expérimentales sont les suivantes :

a. La mise au point correcte de l'œil sur la limite des plages est très difficile à réaliser dans le cas des pupilles tournantes lorsque ω n'est pas petit. Il faut en effet obtenir simultanément une image immobile et au point, et ces deux réglages ne sont pas indépendants. En outre, nous ne sommes pas toujours parvenus à éliminer une légère vibration de l'image; il en résulte que, dans plusieurs cas, nous avons obtenu des valeurs de C_t systématiquement plus grandes que les valeurs de C_i, pour les grandes pupilles.

b. Aucun repère n'a été introduit dans le champ d'observation pour fixer la direction du regard et l'accommodation. Il en est résulté, pour certaines expé-

riences à basse lumière, que l'observateur a travaillé inconsciemment en dehors de sa fovéa, ce qui se traduit par des valeurs A sensiblement nulles. Nous étudions la possibilité d'utiliser une méthode de repérage qui ne perturbe pas la perception fovéale.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le pouvoir régénérateur au cours de l'intermue pré-imaginale chez le Phasme* (Carausius morosus *Br.*). Note de M. **André Voy**, présentée par M. Maurice Caullery.

Le pouvoir régénérateur n'existe qu'au cours des deux premiers tiers de l'intermue pré-imaginale chez le Phasme; sa disparition coïncide avec l'apparition de l'épicuticule de remplacement sécrétée par l'assise des cellules hypodermiques.

Les pattes antérieure et moyenne de *Carausius morosus* ont été amputées, soit par autotomie à la suture trochantéro-fémorale, soit au niveau de l'articulation tibio-tarsienne, soit dans la portion distale du fémur; ces deux dernières interventions ne provoquant pas d'autotomie. Les expériences ont porté sur plus d'une centaine d'individus élevés à une température de 18 à 20° et dans des conditions d'humidité et d'alimentation aussi constantes que possible. La durée du dernier âge larvaire (pré-imaginal) était, dans ces conditions, de 18 à 19 jours et n'était pas modifiée par les amputations.

Celles-ci ont été pratiquées systématiquement à des dates variant de jour en jour au cours de l'intermue pré-imaginale [1] :

1° Si l'amputation est faite moins de huit jours avant la mue imaginale, aucun régénérat n'apparaît au moment de celle-ci; l'aspect extérieur du moignon n'est pas modifié; la blessure est simplement cicatrisée par un caillot sanguin.

2° Si l'amputation est pratiquée moins de dix à onze jours après la mue pré-imaginale, la mue imaginale libère un petit bourgeon de régénération qui s'est constitué sous la cicatrice. Quel que soit le niveau de la section, ce bourgeon est toujours peu différencié; il montre parfois les griffes du 5e article du tarse et les indices d'une segmentation qui s'effectuerait en direction basifuge. Mais la longueur de ce bourgeon décroît nettement et à peu près régulièrement lorsque l'amputation est de plus en plus tardive; son maximum de développement s'observant pour une amputation suivant immédiatement la mue pré-imaginale.

L'intermue pré-imaginale se divise donc en deux périodes inégales : une première période durant laquelle un régénérat peut se constituer et s'accroître,

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 251-252.

une seconde occupant le troisième tiers de l'intermue, au cours de laquelle aucun régénérat ne peut se former.

L'existence d'une période d'inaptitude à la régénération à la fin de chaque intermue paraît très générale chez les Arthropodes : Crustacés (Cladocères, Isopodes, Amphipodes, Décapodes), Araignées, Myriapodes (Scutigères). Elle représente une fraction de l'intermue variable suivant les espèces : chez les Amphipodes Gammariens, d'après L. Tingaud ([2]), elle équivaut à la moitié de l'intermue. Une subdivision de l'intermue en trois périodes, avec une période d'inaptitude à la régénération suivant immédiatement la mue, n'a été signalée que par M. Abeloos ([3]) chez *Carcinus* et par L. Nouvel ([4]) chez *Dromia*. Une telle période n'existe pas chez *Carausius*.

Les fragments de pattes amputés étant soumis à l'étude histologique, j'ai constaté que la période critique séparant les deux phases de l'intermue coïncidait exactement avec l'époque où l'endocuticule ancienne commence à se détacher de l'hypoderme et où débute la sécrétion de l'épicuticule de remplacement. Jusque-là, les cellules hypodermiques ont une forme cubique et de petits noyaux. Elles deviennent alors cylindriques avec des noyaux volumineux et un cytoplasme bourré de fines granulations. La surface de la nouvelle cuticule en voie d'épaississement forme une série d'ondulations qui s'étaleront au moment de la mue imaginale.

La disparition périodique du pouvoir régénérateur chez les Arthropodes semble donc liée à une phase bien définie histologiquement du cycle des transformations caractérisant l'intermue.

ANALYSE BIOCHIMIQUE. — *Chromatographie quantitative sur papier des ribonucléotides*. Note de MM. **Jean Montreuil** et **Paul Boulanger**, présentée par M. Maurice Javillier.

La chromatographie de partage sur papier a été appliquée à la séparation et au microdosage (par spectrographie en lumière ultraviolette) des bases puriques et pyrimidiques, obtenues par hydrolyse acide totale des acides pentose-nucléiques (Vischer et Chargaff, Hotchkiss). Plus récemment, Markham et Smith ont réalisé après hydrolyse partielle une séparation chromatographique de la guanine, de l'adénine et des nucléotides de la cytosine et de l'uracile. Étant donnée la difficulté d'éviter la désamination des bases (en particulier de la cytosine) au cours de l'hydrolyse acide, et pour simplifier les

([2]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 886-887.
([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1933, p. 1613.
([4]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 310.

opérations, nous avons été amenés à mettre au point une méthode permettant l'hydrolyse et la chromatographie à l'état de nucléotides, suivies d'une détermination quantitative par microdosage de l'acide phosphorique nucléotidique.

L'hydrolyse des acides pentose-nucléiques peut être réalisée par la soude à 2 % pendant 24 heures à la température du laboratoire (Steudel), par l'ammoniaque concentrée en tube scellé à 45° pendant 7 jours, ou par l'ammoniaque à 10 % en tube scellé à 120° pendant deux heures (Levene). L'hydrolysat est chromatographié directement, les *spots* de départ comportant des quantités de chaque nucléotide variant de 10 à 150$^{\mu g}$ (charge optima : 60 à 80$^{\mu g}$). Un fractionnement préalable en deux groupes par passage sur des colonnes de résines synthétiques à échange de cations (*Permutite* 50) peut faciliter encore la séparation en chromatographie unidimensionnelle ; l'acide guanylique et l'acide uridylique ne sont pas retenus, tandis que l'acide adénylique et l'acide cytidylique sont fixés et élués ensuite par l'ammoniaque diluée.

Les systèmes de solvants utilisables sont très nombreux et nous ne reproduisons que les plus intéressants d'entre eux, dont l'emploi combiné permet un excellent fractionnement.

	Rf.					
		(*).				
	PO_4H_3.	X.	U.	G.	C.	A.
(**) Phénol [40]-isopropanol [5]-acide formique [5]-eau [50]	0,17	0,23	0,33	0,44	0,50	0,64
Phénol [50]-acide sulfurique N [50]	–	0,19	0,24	0,28	0,37	0,50
Phénol [45]-acide formique [5]-eau [50]	0,31	0,36	0,44	0,52	0,60	0,70
(***) Isopropanol [60]-acide acétique [30]-eau [10].	–	–	0,30	0,14	0,24	0,26
Isopropanol [60]-monochlorhydrine du glycol [30]-acide chlorhydrique N [10]	0,70	–	0,62	0,36	0,43	0,43

(*) X, acide xanthylique; U, acide uridylique; G, acide guanylique; C, acide cytidylique; A, acide adénylique.

(**) Les chromatographies utilisant les solvants phénoliques sont conduites en atmosphère chargée d'acide cyanhydrique.

(***) L'association des solvants alcooliques avec les solvants phénoliques permet d'effectuer des chromatogrammes en deux dimensions.

La révélation des taches se fait après séchage soigneux à l'étuve à 80°, par pulvérisation de réactif de Hanes et Isherwood (molybdate d'ammonium en solution chlorhydroperchlorique). Par exposition à la lumière solaire, les taches bleues correspondant aux nucléotides apparaissent; elles sont renforcées par un séjour de plusieurs minutes dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré

humide; on peut révéler ainsi jusqu'à 10µg de nucléotide. Le microdosage se fait par découpage des taches, destruction du papier par le mélange sulfonitro-perchlorique et dosage colorimétrique de l'acide phosphorique par la méthode de Denigès modifiée.

Nous reproduisons ci-dessous à titre d'exemple les résultats de l'analyse quantitative d'un acide pentose-nucléique de levure, purifié selon Sevag :

	En % de P nucléotidique total.		Proportions moléculaires.	
	Chiffres personnels.	Chiffres de Chargaff et al.	Chiffres personnels.	Chiffres de Chargaff et al.
Acide guanylique.........	31	28	1,63	1,57
» adénylique.........	27	29	1,42	1,63
» uridylique.........	22	20,3	1,15	1,14
» cytidylique........	19	17,8	1	1
	99	95,1		

La technique que nous proposons paraît donc bien adaptée à l'étude qualitative et quantitative des acides ribonucléiques et de leurs variations dans les tissus normaux et pathologiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relation entre la composition du phosphocaséinate de calcium et l'aptitude du lait à coaguler par la présure.* Note de MM. **René Chevalier**, **Germain Mocquot**, **Charles Alais** et Mme **Marcelle Bonnat**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une précédente Note (1) nous avons indiqué l'influence du sédiment obtenu par supercentrifugation (phosphocaséinate de calcium) sur la durée de coagulation du lait par la présure.

L'analyse du lait, du sédiment et du sérum nous a donné les résultats suivants :

a. Les différences très marquées de comportement du lait vis-à-vis de la présure sont liées, pour les échantillons examinés, à une différence dans la valeur du rapport calcium/azote; celui-ci est plus élevé pour les laits et les phosphocaséinates rapides que pour les laits et les phosphocaséinates lents.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 581-583.

Date.	Numéro de la vache.	Durée de coagulation du lait.	Laits. Azote ‰.	Laits. Ca/N.	Lactosérums. Azote ‰.	Lactosérums. Ca/N.	Phosphocaséinates. Azote ‰.	Phosphocaséinates. Ca/N.
29 avril.....	R1	45	4,63	0,242				
10 mai......	R1	38	4,16	0,240	1,51	0,298	2,65	0,207
12 mai......	R1	46	4,94	0,233				
24 mai......	R1	53	4,70	0,225	1,47	0,288	3,29	0,193
11 juillet...	R2	52	5,81	0,242	1,52	0,325	4,30	0,213
15 juillet...	R3	58	5,03	0,238	1,42	0,293	3,61	0,216
29 avril.....	L1	>900	5,25	0,190				
12 mai......	L1	>900	5,69	0,180	2,09	0,167	3,61	0,188
24 mai......	L1	345	5,50	0,178	2,02	0,168	3,48	0,185
11 juillet...	L2	>900	5,38	0,201	1,43	0,253	3,95	0,182
15 juillet...	L3	>900	4,53	0,207	1,36	0,269	3,17	0,181
11 juillet...	mélange	100	5,11	0,236	1,46	0,314	3,65	0,205
15 juillet...	mélange	100	5,01	0,232	1,56	0,304	3,46	0,201

Notre observation rejoint ici celle de Vilegzhanin (²).

b. La proportion de caséine demeurant en suspension dans le sérum de supercentrifugation (pour cent de caséine totale) est (à température, vitesse et durée de centrifugation égale) plus grande dans le cas des laits lents que dans celui des laits rapides.

Date.	Laits *lents*. N° de la vache.	Laits *lents*. % de caséine dans le sérum.	Laits *rapides*. N° de la vache.	Laits *rapides*. % de caséine dans le sérum.	Durée de centrifugation 1h. Tempér. à la fin de la centrifugation.	Durée de centrifugation 1h. Vitesse de centrifugation (tours/min).
24 mai 1949........	L1	16,2	R1	12,1	28°,5	30 000
11 juillet 1949.....	L2	11,1	R2	10,1	34°,5	30 000
15 juillet 1949.....	L3	15,0	R3	12,1	15°,5	30 000
25 février 1950.....	L4	14,5	R3	5,0	22°	50 000
31 mars 1950.......	L1	9,7	R1	7,6	20°	50 000

c. La teneur en eau du sédiment recueilli sur la paroi du bol, aussitôt après la supercentrifugation, est en général plus faible dans le cas des laits *rapides* que dans celui des laits *lents*. Les résultats sont indiqués ci-dessous : lors de chacun de nos essais, la température, la durée et la vitesse de centrifugation étaient identiques pour le lait *rapide* et pour le lait *lent*.

(²) *Proc. Vologda agric. Inst.*, 5, 1942, p. 275.

Date.	Laits *lents*. N° de la vache.	Teneur en eau % du sédiment.	Laits *rapides*. N° de la vache.	Teneur en eau % du sédiment.	Durée de centrifugation 1h. Tempér. à la fin de la centrifugation.	Vitesse de centrifugation (tours/min).
15 juillet 1949...	L 3	74,9	R 3	73,6	15°,5	30 000
27 » » ...	L 3	74,4	R 3	73,0	18°	30 000
24 mai » ...	L 1	67,5	R 1	66,4	28°,5	30 000
11 juillet » ...	L 2	69,3	R 2	65,3	34°,5	30 000
30 décembre » ...	L 3	72,6	R 2	68,4	17°	50 000
31 mars 1950...	L 1	64,7	R 1	66,5	20°	50 000
25 février » ...	L 4	72,2	R 3	66,7	24°,5	50 000

A l'exception d'un seul essai (celui du 31 mars 1950) sur sept, la teneur en eau du sédiment *lent* était supérieure à celle du sédiment *rapide* correspondant.

Teneur plus faible en substances minérales, dimensions ou densité moindres des particules de caséine, affinité pour l'eau plus marquée : tels semblent être les caractères distinctifs du sédiment obtenu par supercentrifugation des laits à coagulation lente. Alors que les laits à coagulation rapide donnent un sédiment doué de propriétés inverses.

Nous avons également soumis à l'analyse deux préparations de caséine dont l'une provenait d'un lait lent, l'autre d'un lait à coagulation normale.

Les teneurs en azote, phosphore et soufre étaient semblables. De même l'examen électrophorétique ([3]) ne nous a pas révélé de différences appréciables. Par contre les courbes de neutralisation par les bases sont distinctes l'une de l'autre et l'on peut rapprocher ce fait du comportement différent des deux caséines vis-à-vis de la présure.

MICROBIOLOGIE. — *Sur l'intérêt des extraits placentaires pour la culture des tissus* in vitro. Note (*) de M. **Albert Delaunay**, Mme **Hoshen-Wang**, Mlle **Yvonne Bardou** et M. **Robert Courtiol**, présentée par M. Gaston Ramon.

Des extraits embryonnaires sont régulièrement utilisés, depuis Carrel, pour favoriser la croissance des tissus cultivés *in vitro*. En revanche, il est très rare

([3]) Examen fait par le Centre d'électrophorèse du C. N. R. S.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

qu'on fasse appel dans le même but à des extraits placentaires. Il nous a donc paru intéressant de consacrer une étude particulière à l'action de ces derniers.

Nous nous sommes servis de placentas qui avaient été prélevés chez des vaches en état de gestation depuis 5 à 7 mois. Les placentas étaient recueillis le plus proprement possible, et leurs deux parties constituantes (maternelle et fœtale), une fois débarrassées de leurs aponévroses, étaient broyées séparément au mortier ou avec la presse de Fischer. La pulpe obtenue (jaunâtre pour le placenta maternel, rougeâtre pour le placenta fœtal) était alors mise en suspension dans du tyrode (une partie de pulpe pour deux parties de liquide). Après agitation soigneuse, la préparation était passée sur un tamis (pour éliminer les plus grosses particules) puis centrifugée à vitesse moyenne, dans une centrifugeuse ordinaire. Le liquide surnageant était recueilli [il a un aspect très opalescent qu'il doit à sa teneur particulièrement élevée en mucopolysaccharides (1)] et plus ou moins dilué avec la solution de tyrode. Une dilution finale au 1/30e (c'est-à-dire 1 partie de pulpe pour 30$^{cm^3}$ de tyrode) nous a paru être, après divers tâtonnements, particulièrement recommandable. La stérilisation finale des produits était assurée par une centrifugation à 12 000 tours pendant 25 minutes dans une centrifugeuse angulaire. Ce procédé, classique d'ailleurs, est selon nous excellent pour stériliser les extraits qui servent à entretenir des cultures de tissus *in vitro*.

Les deux types d'extraits placentaires : extrait maternel et extrait fœtal, préparés comme nous venons de le dire, ont été utilisés dans différentes conditions : 1° à l'état frais dès leur obtention; 2° après un séjour plus ou moins long à la glacière (à + 4°); 3° après lyophilisation. Dans ce cas, 2$^{cm^3}$ d'extrait non dilué, placés dans une ampoule convenable, étaient desséchés sous vide profond et à — 20°. On obtenait ainsi une poudre fine, très homogène, qui adhérait aux parois du verre. Ces extraits secs ont été conservés soit à la température du laboratoire, soit à la glacière. Au moment où nous devions nous servir de leur contenu, les ampoules étaient ouvertes et la poudre dissoute dans 2$^{cm^3}$ d'eau distillée. Ultérieurement, la préparation était diluée au 1/30e ou au 1/40e et stérilisée par une centrifugation rapide.

Tous ces extraits ont servi à la mise en culture et à l'entretien de la vie, *in vitro*, de petits fragments de cœur de poulet, l'organe étant prélevé sur des embryons âgés de 12 jours. Il s'agissait de cultures en gouttes pendantes, le coagulum fibrineux étant fourni par du plasma de cobaye. Voici nos résultats.

1° En présence d'*extraits placentaires fraîchement préparés*, nous avons obtenu, pour les cultures au départ, une pousse excellente de fibroblastes. Dans un milieu parfaitement coagulé, les cellules bien transparentes et allongées ont fini, en se multipliant, par couvrir une surface considérable. Le bon état des éléments nous a permis parfois d'attendre une semaine avant de faire les repiquages. Les cellules repiquées dans le même milieu ont repris leur développement. Extraits maternels et extraits fœtaux ont fourni des résultats sensiblement identiques.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1705.

2° Maintenus en solution dans l'eau et conservés à la glacière, ces différents extraits ont gardé pendant *trois semaines* environ leur action stimulante sur la croissance des fibroblastes. Mais, au delà, leur activité, tant pour les cultures au départ que pour les repiquages, a notablement diminué.

3° Les extraits, remis en solution *aussitôt après lyophilisation* et utilisés extemporanément, se sont comportés comme les extraits aqueux fraîchement préparés; ils ont favorisé remarquablement la croissance cellulaire. La dessiccation ne paraît donc pas détruire les principes utiles.

4° En revanche, nous avons pu constater que la lyophilisation ne supprime pas tout à fait l'action néfaste du *vieillissement*; elle ne fait que la retarder. Six semaines après leur dessiccation, les extraits jouissent encore de la plus grande part de leur effet cyto-stimulateur mais, trois mois plus tard, celui-ci n'est plus que médiocre.

Dans quelques cas, nous avons cherché à enrichir nos extraits placentaires, utilisés à l'état frais ou après lyophilisation, avec du jus de placentas autoclavés. Ce jus était préparé de la façon suivante. Des cotylédons placentaires finement broyés au mortier en présence d'une quantité égale d'eau distillée étaient placés dans un autoclave (120-125°). Au bout d'une heure, la préparation était filtrée et le filtrat, jaune opalescent, isolé. Dans d'autres cas, nous nous sommes servis dans le même but de produits de digestions placentaires. La digestion avait été assurée par de la pancréatine ou par de la papaïne ou par un mélange de ces deux diastases et avait duré plus ou moins longtemps (de 6 à 12 heures). A l'usage, aucune de ces méthodes d'enrichissement n'a donné de résultats vraiment satisfaisants.

En conclusion, il ressort des expériences ici rapportées que des extraits placentaires frais peuvent être commodément utilisés pour la culture des tissus *in vitro*. Nous essayons actuellement de découvrir la nature des principes actifs (ou tréphones) qu'ils renferment.

PATHOLOGIE MÉDICALE. — *Une nouvelle affection hématodermique, la mastocytose.* Note de MM. **René Hissard, Louis Moncourier** et **Jean Jacquet**, transmise par M. Gaston Ramon.

Parmi les cellules rattachées au système réticulo-endothélial, certaines ont une origine encore obscure, comme les mastocytes surtout rencontrés dans le tissu conjonctif, près des vaisseaux sanguins ou des lobules adipeux. D'autre part, on sait que les hyperplasies des divers éléments du système provoquent des réticuloses récemment classées par Sézary [1] et qui sont caractéristiques

(1) *Presse Médicale*, 56, 1948, p. 593.

de chaque type cellulaire. Or, on ne connaissait pas de mastocytose proprement dite. Le livre récent de de Graciansky et Paraf [2], consacré aux hématodermies, n'en fait aucune mention. L'urticaire pigmentaire, individualisée par la présence de mastocytes dermiques, ne saurait constituer une hématodermie au sens précis du terme, pas plus que les tumeurs à mastocytes qui ont été décrites et qui restent localisées. Nous avons eu l'occasion d'étudier à l'hôpital de Caen une affection qui comble cette lacune de nos connaissances. Elle nous a permis d'observer des images histologiques qui laissent entrevoir la solution de l'origine même et de la classification des mastocytes.

L'affection concerne un homme de quarante-sept ans qui jamais auparavant n'avait été malade. L'évolution en a été très longue. Il y eut dès 1946 des phénomènes urticariens dont quelques-uns ont persisté. Il s'est formé ensuite notamment sur l'abdomen et les fesses, de nombreuses tumeurs indolores, de consistance ferme et élastique comme une balle de caoutchouc. La tumeur première devint beaucoup plus volumineuse que les autres. Aucune n'adhéra aux plans sous-jacents, bien qu'elles fussent enchâssées dans la profondeur du derme. Leur surface était ulcérée. Aucune adénopathie n'a été trouvée. La peau érythémateuse et sans pigmentation a subi dans sa totalité un épaississement considérable et résistant. Elle fut, dès le début, le siège d'un dermographisme rouge et sans prurit. Les muqueuses étaient décolorées. Les phanères sont restés intacts. Ces symptômes cutanés ont été accompagnés d'hépato-splénomégalie importante. Chaque jour, le sujet a présenté des crises de prurit intense avec algies précordiales et tachycardie. L'état général s'est maintenu assez bon. Il faut noter, enfin, une tendance hémorragipare, la moindre effraction cutanée pouvant, certaines fois, provoquer des saignements qui durent des heures.

La biopsie d'une tumeur, effectuée le 30 janvier 1949, a montré un épaississement considérable du derme, constitué par un feutrage presque exclusif de mastocytes (99 % des cellules), parcouru par des néo-vaisseaux. L'hypoderme contenait également des mastocytes en moindre densité, disposés surtout en traînées le long des vaisseaux ou en nids et manchons périglandulaires. Sur les frottis de tumeurs, les mastocytes de différents âges prédominaient au milieu d'une poussière de grains basophiles libres et de nombreux noyaux nus, provenant tous de mastocytes éclatés. Un premier examen du sang (28 janvier 1949) s'est avéré normal alors que la moelle présentait 5,5 % de mastocytes. Un hémogramme du 22 avril 1949 montrait un seul mastocyte. Un prélèvement splénique, pratiqué 8 jours plus tard, mettait en évidence un taux de 53,16 % de ces cellules. Une heure après la ponction de la rate, le sang lui-même en renfermait 45 %. Une splénocontraction par adrénaline (21 mai 1949) soulignait le rôle de la contraction de la rate dans la cellulémie mastocytaire qui atteignait, 45 minutes après l'injection, un maximum de 15 % de mastocytes,

---

(2) *Les Hématodermies*, Paris 1949, 1 volume.

pour retomber, 7 heures après, au chiffre initial de 1 % dans le sang, avant la splénocontraction.

L'inoculation d'un frottis de la tumeur principale dans la moelle d'un cobaye ne donnait pas d'indication précise, si ce n'est une réaction intense réticulo-histocytaire jeune, mais sans qu'il y ait de spécificité orientée à l'origine.

Deux séries d'irradiations aux rayons X, à 200 r par séance, ont été faites sur la teneur principale puis sur les tumeurs abdominales. Nous avons assisté alors à une diminution progressive du volume des tumeurs de la rate et du foie, tandis qu'apparaissaient dans le sang de très nombreux noyaux nus (24 %) provenant certainement de mastocytes. La peau s'est amincie, les muqueuses se sont recolorées. Les algies précordiales, la tachycardie, les crises de prurit ont nettement diminué. L'état général s'est amélioré.

Cette affection, caractérisée par la profusion des tumeurs cutanées formées de mastocytes de tous âges et par l'atteinte des organes hématopoiétiques profonds, donne l'impression que la lésion essentielle siège dans la profondeur du derme, la moelle osseuse et la rate n'ayant réagi que secondairement, peut-être même, en ce qui concerne la rate, n'ayant fait qu'emmagasiner, pour les détruire, les mastocytes élaborés d'une façon anarchique par le derme. Le passage des mastocytes dans le sang est très faible à l'état normal; l'augmentation de ce taux paraît sous la dépendance de facteurs tels que les contractions spléniques. Enfin, certains signes cliniques (crises de prurit, tendance aux hémorragies) relèvent de l'abondance extraordinaire des mastocytes, cellules sécrétrices de l'héparine.

La séance est levée à 15h35m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juin 1950. (*suite et fin*).

Institut national de la recherche agronomique. *La cartographie parcellaire de la végétation (ses principes et ses applications agronomiques)*, par Georges Kuhnoltz-Lordat. Montpellier, 1949; 1 carton 32cm,5.

Technik. Extrait *Neuen zürcher Zeitung*, 1949; 1 feuille 24cm,5.

La moyenne d'indice m. *Théorie générale des moyennes, proportions et progressions*, par Maurice Jacob. Extrait du *Bulletin de statistique*, n° 4, 1950; 1 feuille 29cm.

Die sommerliche Wärme nord-und südwärts der Alpen, von J. C. THAMS. Extrait de *Leben und Umwelt,* n° 5, 1950; 1 feuille 21cm.

Extraits de *Geofisica pura e applicata.* Vol. XIV, 1949; Fasc. 1-2 : *La radiazone del sole + cielo a Locarno-Monti.* Fasc. 3-4 : *La radiazone globale relativa secondo le diverse specie die nebulosita,* par J. C. THAMS. Vol. XV, 1949. Fasc. 1-2 : *Mesure della radiazone ultravioletta diretta sole a Locarno-Monti,* par FL. AMBROSETTI et E. ZENONE. Milano, 1949; 3 fasc. 24cm.

Die Organisation des Grossversuches zur Bekämpfung des Hagels in der Magadino-Ebene, von H. STAUB, J. C. THAMS, E. ZENONE. Extrait de *Schweizerische Landwirtschaftliche Zeitschrift,* n° 41, 1949; 1 fasc. 23cm.

Optique électronique et corpusculaire, par LOUIS DE BROGLIE. Paris, Hermann et Cie, 1950; 1 vol. 25cm,5.

Mécanique des milieux continus et déformables, par MAURICE ROY. T. I. Première partie : *Thermodynamique et Mécanique des milieux continus et déformables.* Deuxième partie : *Équilibre et mouvement des solides élastiques.* T. II. Troisième partie : *Équilibre et mouvement des fluides.* Quatrième partie : *Théorie des machines. Annexes* de la Troisième partie. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 2 vol. 28cm,5.

Alfred Lacroix, (1863-1948), par CONRAD BURRI. Extrait de *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen.* Bd XXIX, Heft 2, 1949; 1 fasc. 24cm.

La phase de la composante annuelle des niveaux des rivières de la plaine de l'Est européen, par AIMÉE PÉREAU. Extrait de la revue *Geofisica pura e applicata.* Vol. XVI (1950). Fasc. 1-2. Milano; 1 fasc. 24cm,5.

École Polytechnique et questions connexes, par CHARLES STÆHLING. Fayence, 1950; 1 fasc. 24cm.

Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. *Commission du Bassin de la Seine.* Cahier n° 12. *Catalogue des échelles utilisées par le Service central hydrométrique et d'annonce de crues,* préparée par VLADIMIR FROLOW. Paris, 1950; 1 fasc. 27cm.

Famille de science au XIXe siècle, par BERTHE FORESTIER; 1 vol. manuscrit 27cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 JUILLET 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Roger Heim** rend compte des travaux qui se sont déroulés à Stockholm, du 12 au 20 juillet, au cours du **VIIe Congrès international de Botanique** où il représentait l'Académie.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le coefficient de restitution dans la théorie des chocs.* Note de M. **Jules Haag.**

Moyennant certaines hypothèses sur les forces de contact, on calcule le coefficient de restitution en fonction de la vitesse de choc, ainsi que la vitesse critique au-dessous de laquelle il n'y a pas rebondissement.

1. Considérons une masse m arrivant avec la vitesse normale v_0 contre un obstacle fixe S. Soit $-v_1$ la vitesse de rebondissement. On admet, dans la théorie des percussions, que le rapport $r = v_1/v_0$ a une valeur constante, dépendant seulement de la nature des corps en contact et que l'on appelle le *coefficient de restitution*. S'il en était ainsi, la vitesse v_1 ne serait jamais nulle (le cas du choc mou étant écarté). Par exemple, une bille tombant sur une table rebondirait indéfiniment, avec une vitesse tendant vers zéro, mais jamais nulle, ce qui est absurde. Il doit donc exister une *vitesse critique* V telle que, si $v_0 < V$, v_1 soit rigoureusement nul. Autrement dit, *le coefficient de restitution ne peut être indépendant de* v_0 et doit être nul pour les vitesses suffisamment petites.

Nous nous proposons de donner une interprétation mécanique de ce phénomène, sans prétendre, bien entendu, qu'elle soit entièrement conforme à la réalité physique.

2. Soit x l'abscisse de m, comptée positivement en sens inverse de v_0 et supposée nulle au début du choc. Nous admettons que S exerce sur m les forces suivantes : *réaction élastique* $-mkx$; *résistance visqueuse* $-2mhx'$; *résistance constante* de valeur absolue mka. La première force provient de l'élasticité de S et les deux autres de ses frottements internes.

L'équation différentielle du mouvement est, *à l'aller* :

$$(1)\qquad x'' + 2hx' + k(x-a) = 0.$$

Au *retour*, il suffit de changer a en $-a$.

Il y a une *région d'équilibre*, définie par $-a < x < 0$.

Si les racines de l'équation caractéristique sont *réelles*, on voit immédiatement qu'il n'y a jamais rebondissement; on a un *choc mou*. Supposons donc les racines imaginaires et écrivons-les

$$-\rho\cos\alpha \pm i\rho\sin\alpha, \qquad \text{avec} \quad h = \rho\cos\alpha,\ k = \rho^2.$$

Posons

$$(2)\qquad \theta = t\rho\sin\alpha, \qquad a = \mathrm{R}\sin\beta, \qquad v_0 = \rho a \frac{\sin(\alpha-\beta)}{\sin\beta}, \qquad \lambda = \operatorname{cotg}\alpha.$$

On a, *à l'aller* :

$$(3)\qquad x = a - \mathrm{R}e^{-\lambda\theta}\sin(\theta+\beta), \qquad x' = \rho\mathrm{R}e^{-\lambda\theta}\sin(\theta+\beta-\alpha).$$

La vitesse s'annule pour

$$\theta_1 = \alpha - \beta, \qquad x_1 = a - \mathrm{R}e^{-\lambda\theta_1}\sin\alpha.$$

Si $x_1 > -a$, le mouvement est terminé. Dans le cas contraire, on a, au retour et en changeant l'origine des temps :

$$(4)\qquad x = -a + \frac{x_1+a}{\sin\alpha}e^{-\lambda\theta}\sin(\theta+\alpha), \qquad x' = -\frac{\rho(x_1+a)}{\sin\alpha}e^{-\lambda\theta}\sin\theta.$$

Pour qu'il y ait rebondissement, il faut que la valeur de x pour $\theta = \pi$ soit > 0. ceci se traduit par la condition $\beta < \beta_1$, avec

$$(5)\qquad e^{-\lambda\beta_1}\sin\beta_1 = \frac{e^{-\lambda\alpha}\sin\alpha}{2+e^{\lambda\pi}}.$$

Comme v_0 est fonction décroissante de β, il faut que v_0 dépasse la *vitesse critique* V correspondant à β_1. Cette condition étant supposée remplie, *le choc se termine* au temps t_2 donné par l'équation

$$(6)\qquad e^{-\lambda\theta_2}\sin(\theta_2+\alpha) = \frac{a\sin\alpha}{x_1+\alpha}, \qquad \theta_2+\alpha > \pi.$$

La vitesse correspondante v_2 est donnée par la deuxième formule (4) et l'on en déduit le *coefficient de restitution*

$$(7)\qquad r = -\frac{\sin\beta\sin\theta_2}{\sin(\alpha-\beta)\sin(\theta_2+\alpha)}.$$

Un calcul élémentaire montre que sa dérivée par rapport à β est toujours négative. *Lorsque* v_0 *décroît de* ∞ *à* V, β croît de 0 à β_1 et r *décroît de* $e^{-\lambda\pi}$ *à zéro*. Dans le cas où a est nul et dans ce cas seulement, r a la valeur constante $e^{-\lambda\pi}$.

3. Pour qu'on ait une *percussion*, au sens mathématique du mot, il faut que t_1, t_2, x_1 soient infiniment petits. Ceci nécessite *que* k *soit très grand et* a *très petit*. Si l'on veut en outre que la vitesse critique V soit très petite, il faut que ρa soit très petit.

Si la valeur de v_0 n'est pas très voisine de V, on a la formule asymptotique

$$(8)\qquad r = e^{-\lambda\pi} - \frac{H}{v_0}, \qquad H = 2\rho a[e^{\lambda\alpha} + (1 - e^{-\lambda\pi})\cos\alpha].$$

Si l'on pouvait mesurer expérimentalement r avec assez de précision, pour différentes valeurs de v_0, on pourrait en déduire α et ρa. Le *maximum de la réaction élastique* exercée sur m est atteint au temps t_1 et vaut $-kmx_1$, soit approximativement $F = \rho v_0 e^{-\lambda\alpha}$.

La *durée du contact* est $T = t_1 + t_2 = \pi/\rho\sin\alpha$, Si l'on pouvait la mesurer expérimentalement, on en déduirait ρ, d'où F.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Perfectionnement de la méthode de fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation.* Note de MM. **Paul Lebeau** et **Marius Picon**.

La méthode de fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation a été décrite par l'un de nous en 1923 ([1]), au cours de l'étude des combustibles fossiles et de diverses substances carbonisables. Nous en rappellerons brièvement le principe : un poids déterminé ($0^g,5$ ou 1^g) du produit étudié est placé dans un tube de quartz, formant cornue, relié à un condenseur refroidi à — 80°, lui-même en communication avec une trompe à mercure. Un four électrique à résistance métallique, muni d'un régulateur, sert à chauffer, de façon uniforme, la partie du tube contenant la matière. On élève progressivement la température jusqu'à 1000° par paliers de 100 en 100° d'une durée d'une heure. L'extraction des gaz est conduite de telle sorte qu'à la fin de chaque intervalle de 100°. la pression dans l'appareil soit seulement de quelques millimètres de mercure. On mesure le volume des gaz correspondant à chaque palier et l'on en détermine la composition. Les résultats obtenus permettent d'établir les graphiques figuratifs des volumes des mélanges gazeux successivement dégagés ainsi que de ceux de leurs principaux constituants.

Ces graphiques fidèlement reproductibles, dans les conditions expérimentales précisées, sont caractéristiques des substances soumises à la pyrogénation. Ils ont notamment fourni d'utiles indications concernant la carbonisation des

([1]) P. Lebeau, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 309.

principaux types de combustibles fossiles. Toutefois, malgré l'intérêt des renseignements que cette méthode peut donner sur l'allure des pyrogénations, son emploi est pratiquement limité par la nécessité qu'elle impose d'une extraction de gaz exigeant une surveillance de dix heures consécutives. Avant d'en faire de nouvelles applications, nous avons tenu à rechercher s'il était possible de réduire la durée des opérations, en conservant à l'ensemble des déterminations toute leur valeur.

Pour atteindre ce but, la diminution du temps assigné à chaque palier d'extraction et l'allure même de la chauffe étaient, en réalité, les seuls facteurs susceptibles d'être modifiés. Nous avons cependant tenu à nous rendre compte de ce que pouvait être l'influence de la puissance d'extraction, sur les volumes totaux recueillis au cours du fractionnement. Pour augmenter cette puissance, une pompe à vapeur de mercure (modèle de Weiss en pyrex à double effet) a été intercalée entre le condenseur à — 80° et la trompe de Sprengel. Grâce au vide préliminaire de l'ordre de 15^{mm} assuré aisément par cette dernière, l'ensemble permet d'obtenir rapidement un vide très poussé.

Les essais ont porté sur une houille mise à notre disposition par la Compagnie des Mines de Bruay en 1949 (gaillette provenant de la fosse 3, cendres 3,2 %, matières volatiles 38,9 %) et donnant au fractionnement thermique jusqu'à 1000°, un volume gazeux total de 290,3 cm³/g.

L'emploi de ce vide plus parfait a conduit aux résultats ci-dessous, pour les volumes totaux recueillis jusqu'à 1000°

Durée des paliers d'extraction.	Volumes gazeux (cm³/g).	Durée des paliers d'extraction.	Volumes gazeux (cm³/g).
60 minutes.........	296,9	25 minutes.........	276,9
40 »	286,1	20 «	272,2
30 »	284,7		

Les volumes totaux correspondant à des paliers de 30 minutes restent assez voisins de ceux donnés par les paliers de 60 minutes. En supprimant la pompe à mercure, on obtient encore 275$^{cm^3}$,3 de produits gazeux, soit seulement une diminution de 5 % environ du volume résultant de l'utilisation de l'ancien procédé.

On ne constate aucun changement dans la forme des graphiques représentatifs, qu'il s'agisse des volumes des mélanges gazeux pour chaque intervalle de 100° ou de ceux de leurs constituants.

Les déterminations concernant divers types de houilles, d'anthracites, de peranthracites et les constituants durain et vitrain viennent confirmer cette observation.

La durée de 30 minutes a de ce fait été adoptée, sur laquelle 5 minutes environ sont affectées à l'obtention de la température finale du palier. La vitesse de chute de la trompe doit être suffisante pour amener dans les

10 minutes suivantes la pression à une valeur maximum de 3 à 4^{mm}. Il reste donc 15 minutes pour achever l'épuisement du charbon sous une très faible pression.

La méthode de fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation, ainsi modifiée, conserve donc toute sa valeur, alors que le temps nécessaire pour l'exécution d'un essai est ramené de 10 à 5 heures.

Il convient toutefois de signaler que, pour la houille de Bruay, le maximum de dégagement gazeux peu dessiné à 700° avec l'ancien mode opératoire, passe à 800° avec le même caractère de faiblesse, ce qui autorise à supposer que le véritable maximum doit être plus rapproché de 800° que de 700°. Pour le vérifier nous avons de nouveau procédé à une extraction des gaz de la houille de Bruay, au moyen du dispositif comprenant la pompe à vapeur de mercure, avec une montée de la température d'allure presque continue, soit de 5° par minute, ce qui permet de situer le maximum à 5° près. Pour le cas considéré ce maximum est compris entre 755 et 765°, ainsi qu'il était prévu. La diminution de la durée des paliers présente à ce point de vue l'avantage d'assurer une prépondérance plus grande au rôle de la température par rapport au temps et la position des maxima se trouve ainsi mieux précisée.

De l'ensemble de nos déterminations, il résulte que la limitation des chauffes à 30 minutes a l'avantage de ramener de 10 à 5 heures la durée des opérations du fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation, en fournissant des graphiques fidèlement reproductibles et caractéristiques des substances carbonisables, avec une spécificité plus nette de l'action de la température.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La suspension de la vie au-dessous de 1/20 °K absolu par démagnétisation adiabatique de l'alun de fer dans le vide le plus élevé.* Note (*) de M. **Paul Becquerel.**

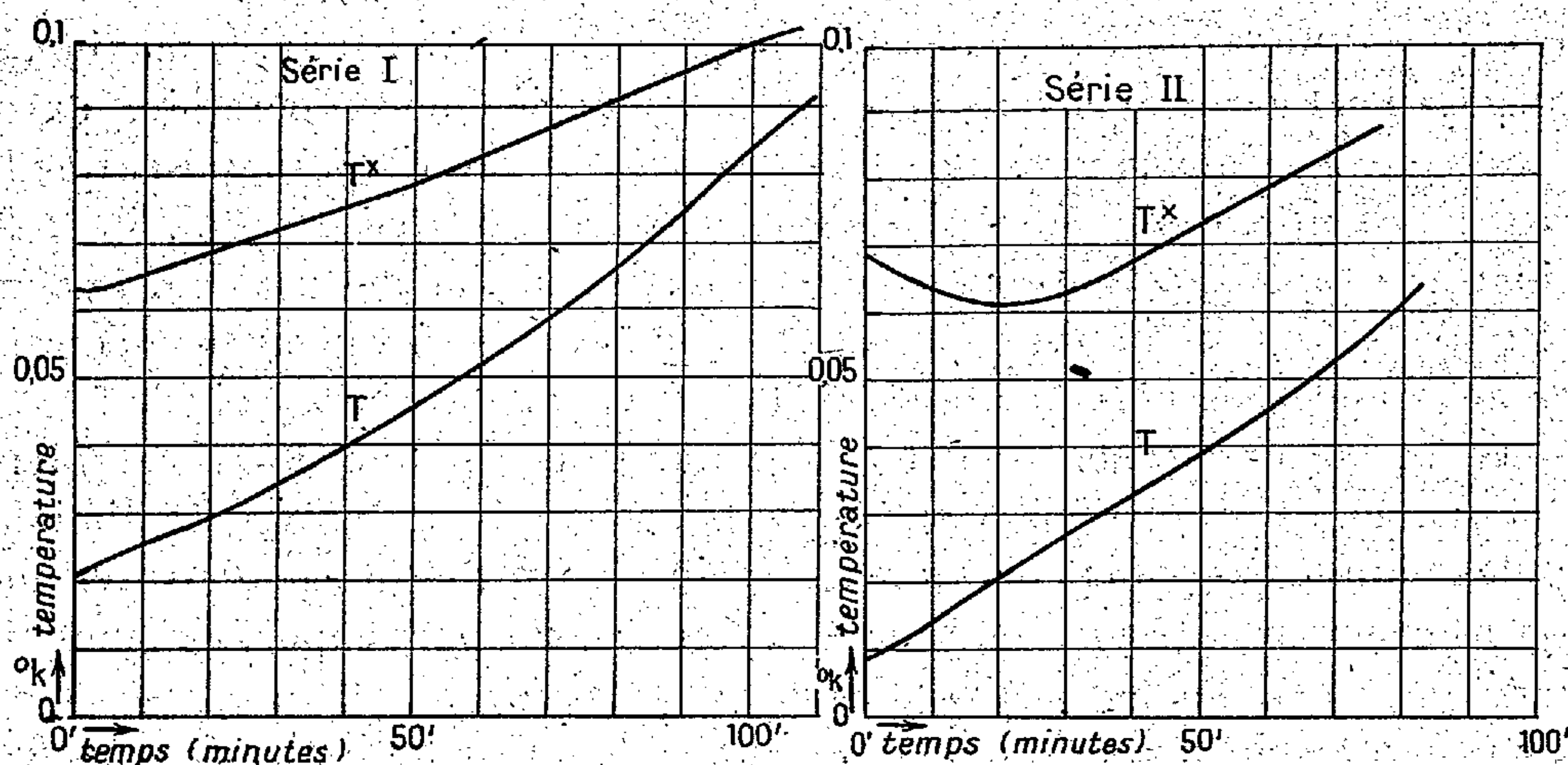
L'auteur a obtenu la suspension de la vie d'animalcules reviviscents, de graines, de spores de Bactéries, de Champignons, d'Algues, de Lichens, de Mousses, tous desséchés dans le vide le plus élevé et au-dessous du 1/20 °K, réalisé au laboratoire Cryogène Kamerlingh Onnes, avec le concours de son directeur, le professeur J. Gorter. C'est la première fois que des organismes ont résisté à des conditions aussi exceptionnelles, n'existant que dans les espaces interstellaires.

Ces expériences complètent les longues recherches sur la vie latente que je poursuis depuis 1909 (1) avec les actions combinées de la déshydratation, des hauts vides et des basses températures. Depuis dix ans je voulais déjà utiliser l'action des températures voisines du zéro absolu qu'on obtient par la démagné-

(*) Séance du 10 juillet 1950.

(1) *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 1052.

tisation adiabatique de l'alun de fer dans l'hélium liquide, mais j'avais été retardé, non seulement par la guerre qui avait désorganisé les laboratoires cryogènes, mais encore par les grandes difficultés qu'il y avait à inclure les germes dans les comprimés d'alun de fer et à les débarrasser ensuite de cette substance toxique pour les cultiver.



Série I et série II. Courbes de la température magnétique $T^{\times}$ et de la température thermodynamique T pendant 60 minutes, chaque série d'après M. J. Gorter.

Aussitôt ma technique au point, j'ai envoyé, il y a un mois, au Laboratoire Cryogène Kamerlingh Onnes de Leyde, inclus dans la poudre sèche comprimée d'alun de fer, des organismes : animalcules, graines, spores des Bactéries et des Champignons, Lichens, Algues et Mousses que j'avais soigneusement déshydratés.

Mon collègue, le professeur J. Gorter, directeur de ce laboratoire, a bien voulu consacrer à cette expérience deux séances d'hélium liquide et de marche de son puissant électro-aimant.

Après avoir suspendu le tube d'alun de fer contenant les germes au milieu de l'hélium liquide dans un appareil en verre qu'il avait fait souffler, il disposa celui-ci dans son appareil à démagnétisation adiabatique.

La démagnétisation a été produite deux fois pendant une heure chacune et l'on peut constater sur les courbes qu'il m'a envoyées avec mon tube d'alun contenant les organismes, les valeurs de la température magnétique T^{*} avec celle de la température thermodynamique T.

Pendant ces deux heures d'expérience, la température thermodynamique a été plus basse que 1/20° K. Dans la deuxième série elle a même commencé à 0°,0075 K pour remonter lentement au bout d'une heure à 0°,047 K. Remarquons qu'aux basses températures dépassant déjà 0°,10 K la pression de l'hélium étant nulle, le vide a été un des plus parfaits qu'on puisse actuellement

réaliser. Dès que j'ai été en possession de mon tube d'alun de fer, dont la dessiccation avait été maintenue par du chlorure de calcium, j'ai débarrassé les germes de la poudre d'alun et je les ai mis à germer avec toutes les précautions bactériologiques nécessaires dans les boîtes de pétri, dans les tubes contenant les milieux de culture stérilisés. Ils ont tous commencé à pousser comme les témoins que j'avais conservés. Pour les végétaux, je donnerai plus tard les résultats, et leurs conséquences concernant la biologie générale, je n'insisterai ici que sur les animalcules reviviscents desséchés du *Xanthoria parietina*. C'étaient des Tardigrades, des *Hypsibius Oberhaüseri*, des *Milnesium tardigradum* et des rotifères *Callidina constricta*, *Philodina roseola*. Leur reviviscence se manifesta au bout de deux heures, au milieu des débris du lichen du *Xanthoria parietina* dans l'eau stérilisée d'un verre de montre que j'observais au microscope. Ils étaient d'autant plus intéressants qu'ils provenaient d'un des tubes où j'avais fait le vide il y a huit ans et que j'avais déjà plongé dans l'air liquide pendant deux semaines en avril 1948 (²). Dans ces conditions encore plus exceptionnelles que celles que j'avais réalisées précédemment, pendant leur refroidissement aux confins du zéro absolu dans le vide le plus complet, il ne s'agit pas pour ces êtres, comme on le prétend encore, d'une résistance particulière à l'asphyxie, d'une sorte de survie, ou d'un ralentissement extrême des phénomènes physico-chimiques de l'assimilation et de la désassimilation protoplasmiques de leurs cellules, mais bien de leur arrêt, de leur suspension, susceptible de durer aussi longtemps que ces conditions se maintiennent, car nous ne devons pas oublier que sous les actions simultanées du froid, de la déshydratation et du vide le plus élevé, l'état colloïdal du protoplasma de ces substances organiques complexes, de ces diastases, de ces hormones, sans traces d'eau liquide ni de gaz a été complètement supprimé.

La matière vivante des cellules différenciées du corps de ces organismes a été solidifiée. Elle est devenue aussi inerte que celle de la matière brute et cependant elle a conservé par la réversibilité de sa synérèse (³), la propriété de reprendre son ancien état colloïdal, puis toute son activité, si on lui redonne l'eau, les gaz, la température nécessaires. Nous avons là une nouvelle preuve décisive du rigoureux déterminisme des phénomènes vitaux établi par Claude Bernard.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Au Commandant Marchand, chef de la Mission Congo-Nil, et aux Membres de l'Expédition*. Discours prononcés le 1er juillet 1949, au cours de la Céré-

(²) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1413.
(³) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1269.

monie d'inauguration du Monument élevé à Paris, en face du Musée de la France d'Outre-mer.

2° M. DURIEZ. *Traité de matériaux de construction*. Tome I.

3° *Chemische Technologie*. Sammelwerk in fünf Bänden. *Anorganische Technologie* I, herausgegeben VON KARL WINNACKER und ERNST WEINGAERTNER.

4° Sveriges geologiska Undersökning. Kartblad i skalan 1/50000 med beskrivningar. N° 191. *Beskrivning till Kartbladet Untra*, av R. SANDEGREN och P. H. LUNDEGÅRDH (avec une carte).

5° PIERRE BOUGUER. *Traité d'optique sur la gradation de la lumière*. Traduit en langue russe, par N. A. TOLSTOGO et P. P. FEOFILOVA.

ARITHMÉTIQUE. — *Sur l'approximation dans* $R(i\sqrt{11})$. Note (*) de MM. **ROGER DESCOMBES** et **GEORGES POITOU**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Détermination de la constante d'Hurwitz de $R(i\sqrt{11})$ grâce à un algorithme analogue aux fractions continues. Le résultat fournit un exemple (sans doute le premier) d'un cas où cette constante n'est pas donnée par un discriminant de surcorps quadratique. Mise en évidence du fait que l'algorithme d'Hurwitz ne constitue pas, dans les problèmes d'approximation, l'extension souhaitable de la théorie des fractions continues.

Hurwitz a donné en 1888 une extension de la théorie des fractions continues pour l'approximation des nombres complexes par des nombres du corps de Gauss $R(i)$, qui s'applique d'elle-même au cas des cinq corps imaginaires quadratiques munis d'un algorithme d'Euclide, $R(i)$, $R(i\sqrt{2})$, $R(i\sqrt{3})$, $R(i\sqrt{7})$, $R(i\sqrt{11})$. On peut s'étonner de ce que cette extension n'ait pas eu immédiatement des applications importantes aux problèmes d'approximation d'un nombre complexe par des nombres du corps, en particulier pour la connaissance de l'ensemble des *constantes d'approximation* $C(x)=\overline{\lim}\,[1/|q(p-qx)|]$ pour p, q entiers (du corps), et notamment de sa borne inférieure C, la *constante d'Hurwitz* du corps (égale à $\sqrt{5}$ dans le cas rationnel d'après Hurwitz). Au contraire, c'est par de toutes autres méthodes (du moins, à notre connaissance), et bien plus tard, qu'ont été déterminées : la constante d'Hurwitz de $R(i)$ (égale à $\sqrt{3}$) par Ford en 1925, celles de $R(i\sqrt{3})$ et $R(i\sqrt{2})$ (égales à $\sqrt[4]{13}$ et $\sqrt{2}$) par Perron en 1931 et 1933, celle de $R(i\sqrt{7})$ (égale à $\sqrt[4]{8}$) par Hofreiter en 1936.

D'autre part, un théorème de Furtwängler (1927) étendu par Hofreiter (1935)

(*) Séance du 17 juillet 1950.

établit que la constante d'Hurwitz du corps est inférieure à la racine carrée du module minimum du discriminant d'un surcorps quadratique. Il se trouve que ce théorème fournit dans les quatre cas jusqu'ici connus, comme dans le cas rationnel, *la valeur exacte* de la constante C. Pour $R(i\sqrt{11})$, il donne $C \leqq \sqrt[4]{5} = 1,495\ldots$. Or nous montrons que la constante d'Hurwitz de $R(i\sqrt{11})$ est $\sqrt{5}/2 = 1,118034\ldots$. Nous avons donc ici un exemple d'un cas où le théorème de Furtwängler-Hofreiter ne donne pas la valeur exacte de C. Nous ne connaissons pas d'autre exemple de ce fait.

Notre méthode repose sur une extension, différente de celle d'Hurwitz, de la théorie des fractions continues. La voie la plus naturelle consiste à utiliser, conformément aux idées de Minkowski, la *suite de meilleure approximation* d'un nombre complexe x. C'est l'ensemble des *réduites* de x rangées dans l'ordre de complication croissante. En mesurant la simplicité d'une fraction (du corps) p/q par $|q|$, et son approximation à x par $|p - qx|$, une réduite est une fraction telle qu'il n'existe pas de fraction plus simple approchant mieux (nous omettons ici des précisions nécessaires, bien qu'assez arbitraires, sur le caractère strict ou large des inégalités). Mais il est possible que deux réduites successives aient un déterminant de module différent de 1 (nous disons que la suite de meilleure approximation n'est pas toujours *régulière*). C'est pourquoi nous utilisons un outil plus maniable, les *meilleures suites régulières*, commençant par une réduite, et constituées de fractions p_n/q_n telles que p_{n+1}/q_{n+1} est, parmi les fractions dont le déterminant avec p_n/q_n a pour module 1, la plus simple des fractions approchant mieux que p_n/q_n (avec quelques précisions). Le caractère euclidien du corps assure l'existence d'une infinité de termes à ces suites, si x n'est pas dans le corps. En posant $c_n(x) = 1/|q_n(p_n - q_n x)|$, on a $C \geqq \inf_x \overline{\lim_n}\, c_n(x)$.

Posant $x_n = -(p_{n-2} - q_{n-2}x)/(p_{n-1} - q_{n-1}x)$ et $y_n = -q_{n-2}/q_{n-1}$, on a un algorithme analogue aux fractions continues, où le $n^{\text{ième}}$ *quotient incomplet* a_n est, parmi les entiers dont la distance à x_n est inférieure à 1, *le plus proche* de y_n. Ce procédé donne dans le cas rationnel le développement ordinaire en fraction continue, l'algorithme d'Hurwitz en étant un extrait.

A tout nombre est donc associée une suite de quotients incomplets, mais certaines suites (dites *interdites*) ne correspondent à aucun nombre. Éliminant alors progressivement, dans une démonstration assez longue, toutes les suites interdites, ou bien qui assurent une approximation meilleure que $\sqrt{5}/2$ pour une infinité de termes, nous trouvons que pour tous les nombres x, $\overline{\lim}\, c_n(x) \geqq \sqrt{5}/2$, avec égalité seulement pour les nombres x_0 dont le développement, à partir d'un certain rang, est donné par la répétition indéfinie de $1 \ -\omega \ 1 \ -\overline{\omega}$, avec $2\omega = 1 + i\sqrt{11}$. D'où $C \geqq \sqrt{5}/2$. De plus, nous montrons que pour ces nombres x_0, notre développement est en réalité la suite de meilleure approximation. Donc $C = \sqrt{5}/2$.

On peut préciser ces résultats :

1° C n'est pas supérieure à tous les $c_n(x_0)$ à partir d'un certain rang; autrement dit, pour tout x il existe une infinité de fractions p/q telles que $|q(p-qx)| < 2/\sqrt{5}$.

2° C est isolée dans l'ensemble des constantes d'approximation. Toute autre constante d'approximation est supérieure à 1,19 (borne non précise).

Il est aisé de développer les nombres x_0 suivant l'algorithme d'Hurwitz en une suite de fractions p'_n/q'_n. On constate alors que $\overline{\lim} c'_n(x) = 1$ (notation évidente) au lieu de $\sqrt{5}/2$. Donc l'algorithme d'Hurwitz ne fournit pas la meilleure approximation pour ces nombres.

La méthode utilisée paraît apte à livrer les petites constantes d'approximation non seulement dans le cas de $R(i\sqrt{11})$ (il nous a semblé que $\sqrt[4]{3} = 1,316\ldots$ en était une), mais pour les autres corps euclidiens, où les connaissances actuelles sont rares; mais la longueur des démonstrations ne nous a pas permis pour l'instant d'obtenir des résultats en ce sens.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance des fonctions harmoniques s'annulant sur la frontière d'un domaine non borné.* Note (*) de M. **Heinrich Keller**, présentée par M. Gaston Julia.

Dans une Note précédente ([1]), la croissance des fonctions harmoniques dans un domaine G non borné, nulles sur sa frontière, a été traitée en étudiant les sections de G par des plans parallèles. Il s'agit maintenant d'appliquer la même méthode, due à Carleman ([2]), en utilisant des sections sphériques.

1. Soit donc G un domaine non borné dans l'espace à trois dimensions, et Γ sa surface se composant d'un nombre fini de morceaux réguliers. Si r, θ, φ signifient des coordonnées polaires par rapport à un pôle fixe O, nous introduisons le paramètre $\alpha = r^{-1}$, et nous considérons des fonctions $U(\alpha, \theta, \varphi)$. Les opérateurs différentiels utilisés sont

$$\Delta = \alpha^2\left(\alpha^2 \frac{\partial^2}{\partial\alpha^2} + \delta\right),$$

$$\delta = \frac{1}{\sin\theta}\frac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\frac{\partial}{\partial\theta}\right) + \frac{1}{\sin^2\theta}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}.$$

Une fonction $U(\alpha, \theta, \varphi)$ se dit harmonique dans un point $(\alpha, \theta, \varphi)$ ($\alpha \neq 0, \infty$) si U et ses dérivées partielles du premier et du second ordre sont continues, et si $\Delta U = 0$ dans un environ de ce point.

La section T_α de G par la sphère S_α ($\alpha = \text{const.}$) se compose d'un nombre

(*) Séance du 17 juillet 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 887-888.

([2]) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 995-997.

fini de domaines sphériques $T_\alpha^{(i)}$, sauf peut-être pour un nombre fini de valeurs α. Nous désignons par $\lambda^{(i)}(\alpha)$ la plus petite valeur caractéristique de l'équation aux dérivées partielles

$$\delta\varphi + \lambda\varphi = 0 \tag{1}$$

pour le domaine $T_\alpha^{(i)}$ à la condition $\varphi = 0$ sur sa frontière.

Soit $u(\alpha, \theta, \varphi)$ une fonction qui satisfait, sauf au point O, aux conditions suivantes :

1° u et ses dérivées partielles du premier ordre sont continues dans $G + \Gamma$;

2° $\Delta u = 0$ dans G;

3° $u = 0$ sur Γ.

Nous introduisons comme valeur moyenne de u sur les sections T_α l'expression

$$m(\alpha) = \sqrt{\int_{T_\alpha} u^2 d\tau} \qquad (d\tau = \sin\theta \, d\theta \, d\varphi) \tag{2}$$

qui est continue pour $0 < \alpha < \infty$.

En généralisant le procédé de Carleman on démontre facilement que $m(\alpha)$ satisfait à l'inégalité

$$m''(\alpha) \geq \frac{\lambda(\alpha)}{\alpha^2} m(\alpha), \tag{3}$$

sauf pour un nombre fini de valeurs α; $\lambda(\alpha) = \min \lambda^{(i)}(\alpha)$.

2. Dans (3) l'égalité ne pourra être atteinte que dans les cas suivants :

a. G est limité par un demi-cône $F(\theta, \varphi) = 0$. Alors $\lambda(\alpha) = \text{const.} = \Lambda$. On en déduit qu'il existe quatre possibilités pour $\mu(r) = m(\alpha)$:

I. $\mu(r) \equiv 0$,

II. $\lim_{r\to\infty} r^{-s}\mu(r) > 0, \quad \lim_{r\to 0} r^{-s}\mu(r) < \infty;$

III. $\lim_{r\to\infty} r^{s+1}\mu(r) < \infty, \quad \lim_{r\to 0} r^{s+1}\mu(r) > 0;$

IV. $\lim_{r\to\infty} r^{-s}\mu(r) > 0, \quad \lim_{r\to 0} r^{s+1}\mu(r) > 0.$

Le nombre s (> 0) est déterminé par l'équation $s(s+1) = \Lambda$.

Les fonctions extrémales sont de la forme

$$u_0\left(\frac{1}{r}, \theta, \varphi\right) = v_0(\theta, \varphi)\left[ar^s + br^{-(s+1)}\right],$$

v_0 étant la solution de l'équation (1) correspondant à $\lambda = \Lambda$, et a, b étant des constantes arbitraires.

b. G est l'espace entier (c'est-à-dire $T_\alpha \equiv S_\alpha$). On a les mêmes formules simplifiées par le fait que $s = 0$ (puisque $\Lambda = 0$). D'autre part, car $v_0 = \text{const.}$, les fonctions extrémales se réduisent aux fonctions harmoniques dépendant uniquement de r

$$u_0 = a + \frac{b}{r}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques problèmes aux limites, singuliers, pour une équation hyperbolique.* Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Roger Bader**, transmise par M. Joseph Pérès.

Problème de Cauchy, 3e et 5e problèmes de Picard, quand les limites contiennent une courbe où l'équation devient de type parabolique.

1. L'équation (1) $k(\sigma)\psi_{\theta\theta}+\psi_{\sigma\sigma}=0$, $k(\sigma)\gtrless 0$ pour $\sigma\gtrless 0$ et $k(\sigma)=O(\sigma)$ pour σ infiniment petit, peut se mettre sous la forme $\eta\varphi_{\theta\theta}+\varphi_{\eta\eta}+A(\eta)\varphi=0$ par le changement $\sqrt{k}\,d\sigma=\sqrt{\eta}\,d\eta$, $\psi=(\eta/k)^{1/4}\varphi$. On fait apparaître l'opérateur de Tricomi $L(\varphi)=\eta\varphi_{\theta\theta}+\varphi_{\eta\eta}$.

Quand l'équation est mise sous cette forme on peut facilement résoudre le problème de Cauchy avec données de $\tau(\theta)=\varphi$ et $\nu(\theta)=(\partial\varphi/\partial\eta)$ sur un segment AB de $\eta=0$. En effet, en utilisant la fonction de Riemann

$$u(\lambda,\mu)=\frac{(\mu_0-\lambda_0)^{\frac{1}{3}}}{(\mu_0-\lambda)^{\frac{1}{6}}(\mu-\lambda_0)^{\frac{1}{6}}}F\left(\frac{1}{6},\frac{1}{6};1,x\right),\qquad x=\frac{(\lambda_0-\lambda)(\mu-\mu_0)}{(\mu-\lambda_0)(\mu_0-\lambda)},$$

solution de l'équation de Tricomi $[A(\eta)\equiv 0]$, en coordonnées caractéristiques, $\theta=\lambda+\mu/2$, $(-\eta)^{1/2}=[(3/4)(\mu-\lambda)]^{1/3}$, on montre (formule de Green) que la solution cherchée satisfait à

$$\varphi(\lambda_0,\mu_0)=\frac{\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{6}\right)^2}(\mu_0-\lambda_0)^{\frac{2}{3}}\int_{\lambda_0}^{\mu_0}\frac{\tau(\mu)\,d\mu}{(\mu-\lambda_0)^{\frac{5}{6}}(\mu_0-\mu)^{\frac{5}{6}}}$$
$$-\frac{3^{\frac{1}{6}}\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)^3}{4\pi^2}\int_{\lambda_0}^{\mu_0}\frac{\nu(\mu)\,d\mu}{(\mu-\lambda_0)^{\frac{1}{6}}(\mu_0-\mu)^{\frac{1}{6}}}-\frac{1}{6^{\frac{1}{3}}}\int_{\lambda_0}^{\mu_0}d\lambda\int_{\lambda}^{\mu_0}d\mu\frac{\varphi(\lambda,\mu)AF\left(\frac{1}{6},\frac{1}{6},1,x\right)}{(\mu_0-\lambda)^{\frac{1}{6}}(\mu-\lambda_0)^{\frac{1}{6}}(\mu-\lambda)^{\frac{1}{3}}}=\varphi_0+\mathcal{F}(\varphi).$$

Cette équation se résout immédiatement par itération

$$\varphi=\varphi_0+\varphi_1+\ldots+\varphi_n+\ldots,\qquad \text{avec}\quad \varphi_n=\mathcal{F}(\varphi_{n-1})$$

et il n'y a aucune difficulté à montrer la convergence de cette série et de celle des dérivées premières et secondes de φ quand τ et ν sont supposées deux fois continûment différentiables.

Cette solution paraît plus directe et plus explicite que celle donnée par Frankl (2) par passage à la limite.

2. La fonction de Riemann u qui vient d'être utilisée dans le domaine

(*) Séance du 26 juin 1950.

(1) *Voir* P. Germain et R. Bader, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1824-1826.

(2) *Bull. Acad. Sc. de l'U. R. S. S.*, série math., 8, 1944, p. 196-224.

$\lambda_0 \leqq \lambda \leqq \mu \leqq \mu_0$, est également définie dans le domaine $\lambda \leqq \lambda_0 \leqq \mu \leqq \mu_0$, par la même expression, la fonction hypergéométrique F étant prolongée pour toutes les valeurs négatives de la variable. Mais sur la ligne $\mu = \lambda_0$, u devient infinie comme $\log(\mu - \lambda_0)$. On voit toutefois par un passage à la limite que cette fonction permet toujours le calcul de la solution $\varphi(\lambda_0, \mu_0)$ lorsqu'on connaît ses valeurs le long des caractéristiques $\mu = \lambda_0 (\lambda_1 \leqq \lambda \leqq \lambda_0)$ et $\lambda = \lambda_1 (\lambda_0 \leqq \mu \leqq \mu_0)$ par une itération comme au n° 1.

3. Considérant le prolongement analytique de la fonction hypergéométrique au delà de la caractéristique $\mu = \lambda_0 (\infty > x \geqq 1)$, on trouve pour une branche du prolongement de u l'expression

$$u(\lambda, \mu) = \mathrm{A} + i\mathrm{B} = \left(\frac{\mu_0 - \lambda_0}{\mu - \lambda}\right)^{\frac{1}{6}} \left[\frac{\Gamma\left(\frac{2}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{5}{6}\right)^2} \left(\frac{x-1}{x}\right)^{\frac{1}{6}} e^{\frac{i\pi}{6}} \mathrm{F}\left(\frac{1}{6}, \frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{x-1}{x}\right) + \frac{\Gamma\left(-\frac{2}{3}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{6}\right)^2} \left(\frac{x-1}{x}\right)^{\frac{5}{6}} e^{\frac{5i\pi}{6}} \mathrm{F}\left(\frac{5}{6}, \frac{5}{6}, \frac{5}{3}, \frac{x-1}{x}\right) \right].$$

$\mathrm{A}(\lambda, \mu)$ et $\mathrm{B}(\lambda, \mu)$ étant les parties réelles et imaginaires de u, ce sont des solutions de l'équation de Tricomi. On vérifie facilement qu'on peut appliquer la formule de Green dans un domaine $\lambda_1 \leqq \lambda \leqq \lambda_0$, $\lambda \leqq \mu \leqq \mu_0$, à une solution $\varphi(\lambda, \mu)$ et aux fonctions $\mathrm{U}_m(\lambda, \mu)$

$$\mathrm{U}_m = \begin{cases} u & \text{si} \quad \lambda_1 \leqq \lambda \leqq \lambda_0 \leqq \mu \leqq \mu_0, \\ \mathrm{A} + m\mathrm{B} & \text{si} \quad \lambda_1 \leqq \lambda \leqq \mu \leqq \lambda_0; \end{cases}$$

m étant un nombre réel, bien que U_m devienne infinie le long de la caractéristique $\mu = \lambda_0$. Or, quand m est égal à $-\sqrt{3}$ ou $+\sqrt{3}$, les fonctions U_m sont respectivement nulle et à dérivée normale nulle sur la ligne parabolique $\lambda = \mu$. Dans ces conditions, ces fonctions U_m permettent une résolution du 5ᵉ problème aux limites [données des valeurs de φ sur la caractéristique $\lambda = \lambda_1$, $(\lambda_1 \leqq \mu \leqq \mu_0)$ et de la dérivée normale le long de la ligne parabolique $\lambda = \mu$, $(\lambda_1 \leqq \lambda \leqq \lambda_0)$] et du 3ᵉ problème aux limites (données des valeurs de φ sur la caractéristique $\lambda = \lambda_1$ et sur la ligne parabolique). On peut écrire par exemple la formule :

$$\varphi(\lambda_0, \mu_0) = \frac{1}{2(\mu_0 - \lambda_0)^{\frac{1}{3}}} \left\{ \int_{\lambda_1}^{\mu_0} \mathrm{U}_{-\sqrt{3}} \left(2(\mu - \lambda_1)^{\frac{1}{3}} d\varphi + \frac{1}{3} \varphi(\lambda_1, \mu) \frac{1}{(\mu - \lambda_1)^{\frac{2}{3}}} \right) - \frac{4\Gamma\left(-\frac{2}{3}\right)}{3^{\frac{2}{3}} \Gamma\left(\frac{1}{6}\right)^2} \int_{\lambda_1}^{\lambda_0} \frac{(\mu_0 - \lambda_0) \tau(\lambda)\, d\lambda}{(\mu_0 - \lambda)^{\frac{5}{6}} (\lambda_0 - \lambda)^{\frac{5}{6}}} + \left(\frac{4}{3}\right)^{\frac{1}{3}} \int_{\lambda_1}^{\lambda_0} d\lambda \int_{\lambda_0}^{\mu_0} \frac{\mathrm{U}_{-\sqrt{3}} \mathrm{A} \varphi\, d\mu}{6^{\frac{1}{3}} (\mu - \lambda)^{\frac{1}{3}}} \right\},$$

sur laquelle on peut faire encore une itération comme au n° 1.

Toutes les formules trouvées donnent directement les solutions des problèmes posés dans le cas de l'équation $L(\varphi)+f(\eta, \theta)=0$, f étant une fonction donnée.

ÉLECTRONIQUE. — *Mesure des fréquences de résonance de la charge d'espace d'un magnétron à cavités.* Note (*) de M. PATRICE FECHNER, présentée par M. Camille Gutton.

On sait [1] que dans un magnétron à cavités, pour une onde de pulsation ω donnée, il existe plusieurs valeurs du champ magnétique continu H, pour lesquelles la charge d'espace peut entrer en résonance. On a vu que les lois de variation des champs magnétiques de résonance en fonction du champ électrostatique continu sont

$$(1)\qquad \frac{1}{c}\frac{e}{m}\mathrm{H}=\omega-\frac{\frac{3}{2}-n}{\omega}\frac{e}{m}\frac{\mathrm{E}_0}{r_0},$$

$$(2)\qquad \frac{1}{c}\frac{e}{m}\mathrm{H}=\frac{\omega}{n-1}+\frac{\frac{3}{2}-n}{\omega}\frac{e}{m}\frac{\mathrm{E}_0}{r_0}\qquad (n\geq 2),$$

$$(3)\qquad \frac{1}{c}\frac{e}{m}\mathrm{H}=\frac{\omega}{n}-\frac{n}{\omega}\frac{e}{m}\frac{\mathrm{E}_0}{r_0},$$

$$(4)\qquad \frac{1}{c}\frac{e}{m}\mathrm{H}=\frac{\omega}{n+1}-\frac{\frac{3}{2}+n}{\omega}\frac{e}{m}\frac{\mathrm{E}_0}{r_0}.$$

E_0 et e/m sont exprimés en u. é. s. et H en gauss; a et b sont respectivement

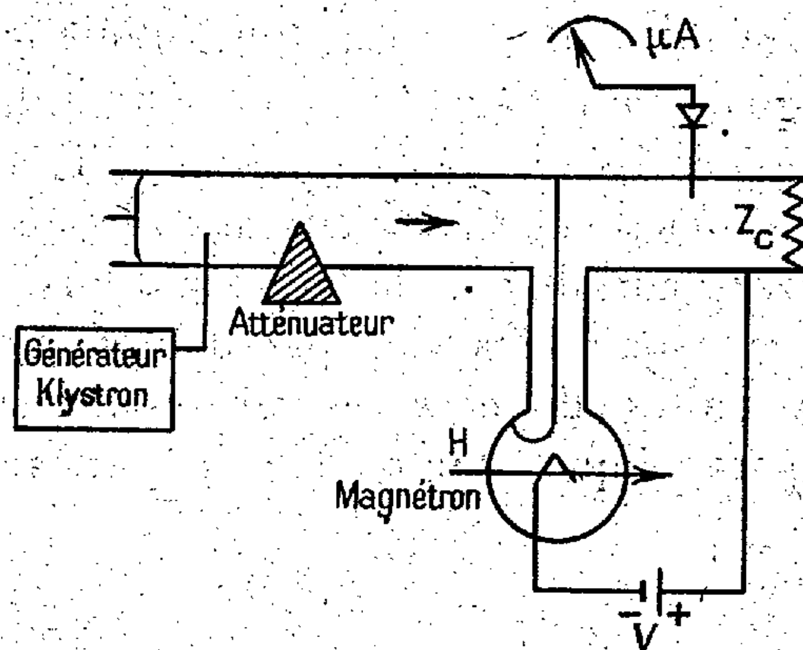


Fig. 1.

les rayons de la cathode et de l'anode en centimètres; n est le mode d'oscillation du bloc anodique, r_0 le rayon de l'anneau d'électrons.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1848.

Le principe de la mesure permettant de vérifier ces lois est le suivant :

Le magnétron est couplé à un guide terminé par son impédance caractéristique Z_c et parcouru par l'onde de pulsation ω émise par un générateur auxiliaire (*fig.* 1).

L'expérience consiste à mesurer la résonance du coefficient de transmission de l'onde dans le guide, pour une valeur du champ magnétique H et de la tension V. On déduit de cette mesure la variation du champ de résonance H en fonction de la tension V.

Le magnétron utilisé a quatre cavités d'où $n = 2$ pour le mode π. D'autre part, la longueur d'onde est

$$\lambda = 9^{\text{cm}},5, \qquad a = 0^{\text{cm}},65, \qquad b = 0^{\text{cm}},80.$$

Les formules précédentes deviennent

(1) $$H \text{ (gauss)} = 1125 + 3,9.10^{-3} E_0 \text{ (V/cm)},$$

(2) $$H \text{ »} = 1125 - 3,9.10^{-3} E_0 \text{ »},$$

(3) $$H \text{ »} = 562 - 15,6.10^{-3} E_0 \text{ »},$$

(4) $$H \text{ »} = 375 - 27,2.10^{-3} E_0 \text{ »}.$$

La figure 2 montre les variations expérimentales de $H = f(E_0)$ relatives aux formules (1) et (2). Les courbes expérimentales (1) et (2) sont des droites de pentes opposées, en accord avec les formules (1) et (2).

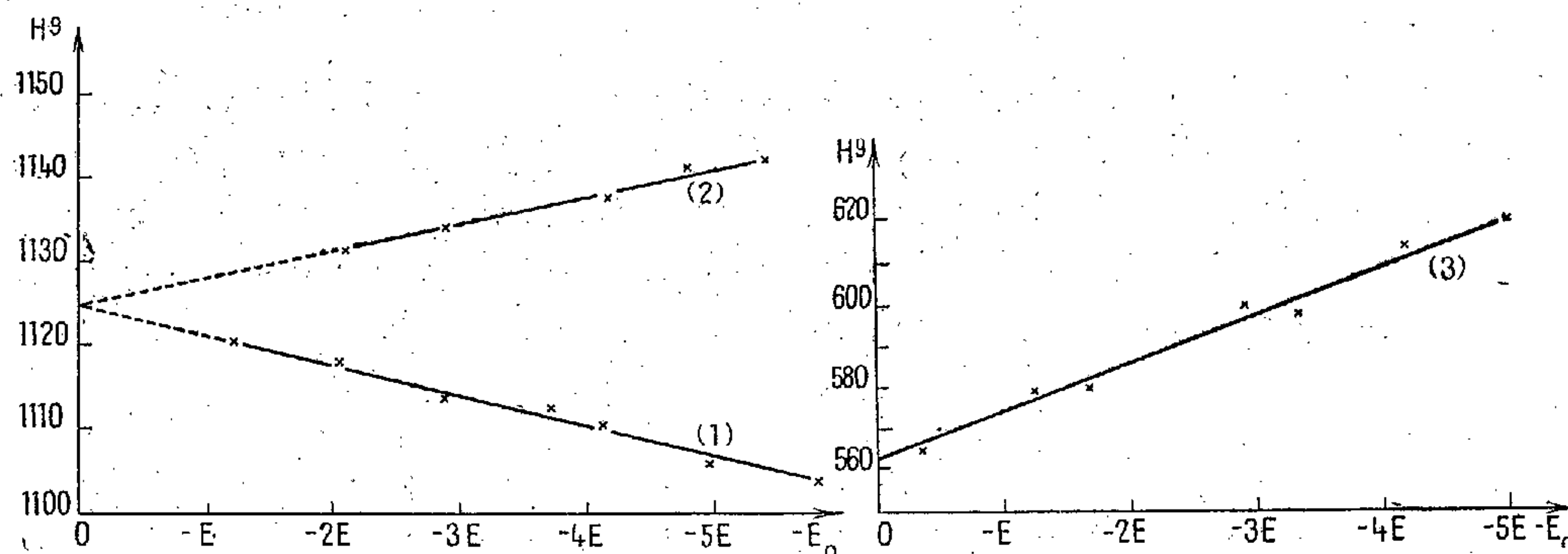


Fig. 2. Fig. 3.

La figure 3 montre les variations de $H = f(E_0)$ vérifiant la formule (3). La courbe expérimentale (3) est une droite dont la pente est quatre fois plus grande que celle des courbes (1) et (2).

Le champ magnétique de résonance donné par la formule (4) correspond à un phénomène extrêmement amorti pour lequel on ne peut plus relever la courbe $H = f(E_0)$; cependant on peut déceler de faibles variations de la transmission de l'onde dans le guide, dûes à un phénomène de résonance, pour une valeur de H égale à 375 gauss.

Les résultats fournis par l'expérience vérifient donc bien les formules théoriques.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur le spectre de vibration d'acétylacétonates métalliques.* — Note (*) de MM. **Clément Duval**, **René Freymann** et **Jean Lecomte**, présentée par M. Jean Cabannes.

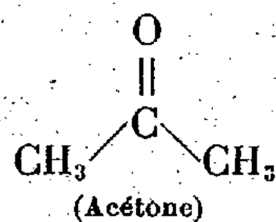
Nous avons mesuré, entre 525 et 1750 cm^{-1} environ, avec des spectrographes Perkin-Elmer et Beckman, les spectres d'absorption de sept acétylacétonates métalliques, dont l'étude avait été commencée, dès 1939, avec des instruments moins dispersifs ([1]). Entre temps, Morgan ([2]) a publié les spectres d'absorption infrarouges des acétylacétonates de Mg, Fe, Th et U. Du côté des spectres de diffusion, Kohlrausch et ses collaborateurs ont donné les résultats sur les complexes de l'acétylacétone avec Be et Zn, et se sont beaucoup intéressés au problème de l'isomérie cétone-énol. Mais, jusqu'ici, il n'existait aucun essai d'interprétation d'ensemble des spectres de vibration d'acétylacétonates métalliques (et de l'acétylacétone).

En joignant nos mesures à celles de Morgan, qui a pu étudier la région 400-525 cm^{-1}, les principales zones d'absorption se retrouvent, pour tous les acétylacétonates, à peu près aux mêmes positions quel que soit le métal et possèdent les nombres d'ondes moyens suivants :

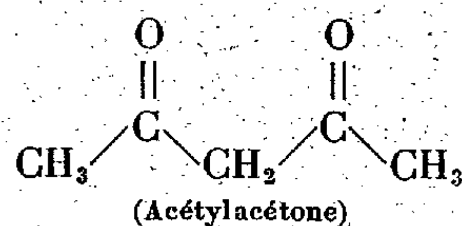
1.	2.	3.	4.	5.	6.
410	450 et 470	512 et 530	760 à 824	930	1020 cm^{-1}

7.	8.	9.	10.	11.	12.
1185 et 1266	1310 à 1368	1400	1450	1520	1560 cm^{-1}

1. *Vibrations de la chaîne carbonée et des groupements* CH_2 *et* CH_3. — On obtient la chaîne carbonée de l'acétylacétone en réunissant, par un groupement CH_2 commun, deux molécules d'acétone, considérées comme possédant chacune une structure en Y (l'introduction d'une forme énolique au lieu de la forme cétonique ne changerait rien au raisonnement).



(Acétone)



(Acétylacétone)

En supposant d'abord les groupements CH_2 et CH_3 comme ponctuels, les modes de vibration des acétylacétonates se déterminent en couplant, une fois en phase et une fois en opposition de phase, les six modes de vibration de l'acétone, ce qui donne 12 vibrations. On y ajoute le couplage convenable de deux rotations et d'une translation de la molécule d'acétone, qui ne donnent pas de bandes avec cette dernière. Cette interprétation montre pourquoi on

(*) Séance du 17 juillet 1950.

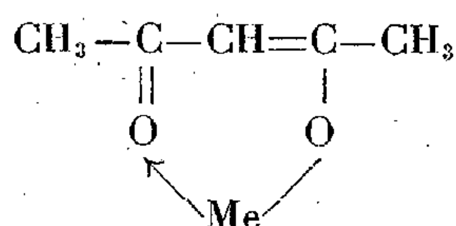
([1]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1401.

([2]) *U. S. atomic Energ. Commiss. U. S. S. A.*, 1949, AECD, 2659, 16 p.

retrouve, dans le spectre des acétylacétonates, régions 1, 2, 3, 4 et 7, les vibrations de l'acétone vers 390, 489, 527, 787, 1225 cm^{-1}, dont les nombres d'ondes se présentent relativement peu modifiés. Mais le couplage des vibrations fait apparaître, dans le spectre des acétylacétonates, deux bandes au lieu d'une seule pour l'acétone, dans chacune de ces régions (sauf la région 1).

Les oscillations des groupements CH_2 ou CH_3 se trouvent sous les numéros 5, 6, 9 et 10.

2. *Isomérie cétone-énol.* — On sait qu'elle apparaît, par exemple, pour l'acétylacétone, où la présence de bandes C=O dans la région 1600-1750 cm^{-1} permet de caractériser la forme cétonique. Les acétylacétonates métalliques ne possèdent pas d'absorption dans cette région et, par conséquent, appartiennent à la forme énolique. Diverses formules ont été proposées, parmi lesquelles, une forme chélatée, indiquée par Sigdwick :



s'accorde bien avec nos résultats. Mais on ne peut plus parler de *double* ou de *simple* liaison entre carbone et oxygène, et la formule doit rester symbolique. Également, la *double* liaison C=C éprouve un abaissement d'environ 50 cm^{-1} pour l'acétylacétone, et de 100 cm^{-1} environ avec les acétylacétonates (région 12).

En particulier, pour l'acétylacétone, la structure indiquée explique pourquoi on ne trouve pas de bandes OH dans le proche infrarouge, et pourquoi son spectre ne présente pas d'analogies avec celui des alcools tertiaires. De plus, avec les acétylacétonates, les liaison du métal avec les deux atomes d'oxygène produisent des perturbations importantes dans les positions des vibrations entre carbone et oxygène (représentées par les régions 8 et 11).

L'introduction du métal apporte donc, dans la région de 1360 à 1700 cm^{-1} environ, des modifications fort notables que l'on retrouve d'ailleurs, par exemple, dans le spectre des composés métalliques de l'acétylacétate d'éthyle ou du malonate d'éthyle.

3. *Bandes caractéristiques de l'influence du métal.* — L'étude des spectres d'absorption infrarouges de plusieurs centaines de sels métalliques d'acides organiques, appartenant aux séries les plus diverses, nous a révélé que le métal se montrait *transparent* dans notre domaine, et qu'il produisait une action incohérente avec de faibles déplacements des maxima d'absorption. Dans le cas des acétyl-acétonates métalliques, l'influence du métal s'exerce, non seulement comme nous venons de la signaler dans le paragraphe 2, mais surtout dans la région de 600 à 700 cm^{-1} : elle comprend un nombre variable de bandes (1 à 4), dont nous n'avons pu interpréter ni l'apparition ni les

modifications en position. Conformément aux conclusions de Morgan, il est vraisemblable qu'il s'agit de liaisons métal-oxygène, dont nous ne pouvons pas actuellement préciser la nature. *Les spectres d'absorption infrarouges confirment que les acétyl-acétonates métalliques se comportent comme des complexes et non comme des sels*, ainsi que le laissaient déjà prévoir certaines de leurs propriétés physiques.

PHOTOPHORÈSE. — *La photophorèse des suspensions dans l'air de solutions colorées et le coefficient d'absorption de celles-ci.* Note de M. **François Déguillon**, transmise par M. Aimé Cotton.

Lorsqu'on éclaire une fibre de verre absorbant, placée dans de la fumée, celle-ci est repoussée. De même, les particules d'une suspension violemment éclairées sont, par réaction, le siège d'une force résultante dont le sens dépend du coefficient d'absorption de la substance dispersée.

Question préliminaire. — *L'agitation moléculaire autour d'une fibre éclairée.* — J'ai constaté qu'en éclairant une fibre de verre absorbant, placée dans de la fumée de tabac par exemple, les particules s'écartent et laissent ainsi un espace obscur autour de la fibre dont la symétrie dépend de la nature de celle-ci. Ce phénomène, dû à l'échauffement, est stable sous la réserve toutefois d'employer des sources lumineuses de faible intensité, afin d'éviter les courants thermoconvectifs le long de la fibre.

De même, dans cet ordre d'idées, j'ai montré qu'il pouvait exister, dans le verre en particulier, une différence de température voisine de 1° entre deux points distants l'un de l'autre de moins de 10^{μ}. Pour cela, j'ai utilisé la déformation élastique d'une fibre de verre longue de 5^{cm} et de 10^{μ} de diamètre, fixée à l'une de ses extrémités et libre à l'autre. Cette fibre enduite, sur un seul côté, d'un vernis opaque se courbe dans un sens ou dans l'autre suivant le sens de la lumière incidente lorsqu'on y fait, tout près de son point de fixation, l'image d'une source intense.

La photophorèse des suspensions de solutions colorées est-elle la manifestation d'un échauffement irrégulier de la particule? Les expériences exposées dans la suite tendent à le prouver. — L'observation des phénomènes de répulsion de la fumée au voisinage d'une fibre éclairée m'a amené à penser que des phénomènes analogues pouvaient se produire autour d'une particule soumise à un fort éclairage. Celle-ci de forme sphérique constitue à la fois une lentille et un milieu absorbant. Et il est raisonnable de concevoir que selon ses dimensions et la nature de sa substance, la chaleur qu'elle absorbe et par suite sa température puisse varier d'un hémisphère à l'autre.

Expériences. — 1° La photophorèse dépend de la longueur d'onde de la lumière incidente, et le phénomène n'a lieu que si l'onde éclairante est absorbable par la matière dispersée.

a. C'est ainsi qu'un écran constitué par la solution elle-même, interposé entre la source lumineuse et la particule, arrête toute photophorèse, même lorsque l'énergie après le filtre est une fraction importante de l'énergie totale.

b. L'expérience faite dans les couleurs du spectre solaire montre que seules les radiations fortement absorbées agissent sur les particules.

Montage. — J'ai utilisé un montage spectrographique avec un objectif de projection 10, O. N. 0,30. De plus, une vis micrométrique permet d'éclairer à volonté et sans la quitter des yeux une particule dans les différentes teintes du rouge au violet. Cette méthode a l'avantage de faire saisir immédiatement la bande des radiations les plus actives, compte tenu de leur énergie propre dans le rayonnement incident.

2° *Une même particule peut présenter successivement la photophorèse positive et négative. Il suffit pour cela de changer la couleur de son éclairage.* — J'ai observé ce phénomène avec une solution concentrée de *rouge soudan II* dans l'$\alpha.\beta$-naphtalène. Celui-ci est un excellent solvant du colorant, et a un indice de réfraction élevé.

Dans ce cas, la photophorèse est positive du jaune au violet, et négative du jaune au rouge. On peut ainsi faire exécuter une série de va-et-vient à la particule en passant d'une couleur à l'autre. J'ai compté jusqu'à 10 oscillations successives.

J'ai également obtenu de semblables résultats avec d'autres colorants : *rouge francolor, vert et violet francolor, etc.*

En somme, une solution très concentrée donne : la photophorèse > 0 dans les bandes de forte absorption (arrêt de la lumière dans l'hémisphère tourné vers la source), la photophorèse < 0 dans les bandes de moyenne absorption (condensation de la lumière dans le deuxième hémisphère), avec empiètement d'une zone sur l'autre, dû à la variabilité des dimensions des particules. En outre, si l'on dilue la solution primitive, seule subsiste la photophorèse négative dans les bandes de forte absorption. Pour des dilutions encore plus grandes, il n'y a plus du tout de photophorèse.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Remarques sur le modèle quasi atomique et les moments magnétiques nucléaires.* Note (*) de M. **Robert Bouchez**, présentée par M. Frédéric Joliot.

1. On sait que lorsque l'on porte les valeurs expérimentales des moments magnétiques μ des nuclides, A impair, en fonction du nombre quantique total J, celles-ci se situent entre les deux courbes limites de Schmidt [1]

(*) Séance du 26 juin 1950.

[1] *Zeits. f. Physik*, 106, 1937, p. 358. Cette méthode a été développée récemment par E. Feenberg et K. C. Hammack, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1877; L. W. Nordheim, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1894; M. G. Mayer, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 16.

obtenues en supposant que le noyau étudié est constitué par une fraction saturée ($J = L = 0$) pair-pair et une fraction non saturée formée seulement par un seul nucléon occupant une couche de nombre quantique orbital L : on a alors $J = L \pm (1/2)$ et le moment nucléaire du noyau est égal à celui de ce nucléon dans l'état ${}^2L_J$. Or le fait que les valeurs expérimentales de μ diffèrent sensiblement de celles de Schmidt indique que ce modèle est insuffisant.

2. Il est possible avec un minimum d'hypothèses supplémentaires ([2]) d'obtenir un accord plus satisfaisant; on suppose alors que :

a. un niveau nucléaire comprend un petit nombre de configurations (J, L), (J, L'), ... avec L, L', ... en première approximation de même parité, chacune de ces configurations (J, L) peut en outre comprendre un petit nombre de sous-ensembles (J, L, L_p, L_n) (J, L, L'_p, L'_n), ... avec $\vec{L} = \vec{L}_p + \vec{L}_n$: $\vec{L}_p$ ou $\vec{L}_n$ étant le vecteur moment orbital des protons ou des neutrons.

b. Chaque sous-ensemble (J, L, L_p, L_n) est constitué par une partie saturée pour laquelle J et μ sont nuls, et par une partie non saturée qui donne précisément les valeurs de J et μ pour ce sous-ensemble : la valeur μ_{exp} observée est alors donnée par

$$\mu_{exp} = \sum_i a_i \mu_i \quad \text{avec} \quad \mu_i \equiv \mu(L, L_p, L_n) \quad \text{et} \quad \sum a_i^2 = 1.$$

c. La partie non saturée peut comprendre deux nucléons identiques formant une paire dans un état singulet de spin ($S = 0$), mais occupant un état symétrique d'espace pour lequel L est différent de zéro et contribuer ainsi à créer le moment magnétique nucléaire [3]. Il en résulte qu'un nombre impair de nucléons ne sera pas nécessairement équivalent à un seul nucléon (hypothèse de Schmidt) : la partie non saturée pouvant comprendre trois nucléons. Les noyaux impair-impair seront en général équivalents à deux nucléons; dans certains cas (${}^{40}K$) la partie non saturée pourra être plus importante.

Ces hypothèses permettent de proposer des mélanges de configurations dont le moment magnétique résultant correspond exactement dans la plupart des cas aux valeurs expérimentales. Toutefois, il faut bien remarquer qu'il peut être illusoire d'obtenir un tel accord, étant donné que la valeur du moment magnétique de nuclides aussi simples que ${}^3_1H$, ${}^3_2He$ ne peut être prévue avec une précision meilleure que 10 % quelles que soient les configurations choisies.

Remarquons que l'on n'effectue aucune hypothèse restrictive sur les interactions nucléaires et qu'on laisse indéterminés les coefficients a_i, c'est-à-dire la densité des configurations (J, L, L_p, L_n).

([2]) Certaines de ces hypothèses ont déjà été proposées (*Comptes rendus*, **231**, 1948, p. 139) sur les transitions β nucléaires.

([3]) L. W. Nordheim [*cf.* ([1]), p. 1897] avait déjà suggéré que dans certains cas le noyau résiduel pouvait posséder un moment angulaire orbital différent de zéro.

3. On a effectué les calculs à l'aide du modèle vectoriel (¹) et dans une première approximation on néglige les effets relativistes, les effets dus aux termes croisés, et ceux dus aux termes d'échange (champ mésique).

Les résultats pour quelques cas typiques sont indiqués tableau I (A impair) et tableau II (noyaux impair-impair).

TABLEAU I

Nuclide	Schéma □	L	S	Lp	Ln	Notation	μ c	μ exp.	Configuration
^{2}Li	$2p^1$; $2p^3$	1	$\frac{1}{2}$	1 1	0 2	$^2P_{3/2}$	[3,79] 2,29	3,25	$^2P_{3/2}+{}^4F_{3/2}$
		3	$3/2$	1	2	$^4F_{3/2}$	1,42		
^{9}Be	$2p^1$; $2p^3$	1	$\frac{1}{2}$	0 2	1 1	$^2P_{3/2}$	[-1,91] -0,41	-1,177	$^2P_{3/2}+{}^4F_{3/2}$
		3	$3/2$	2	1	$^4F_{3/2}$	-0,60		
^{23}Na	$3d^4$; $3s^4$; $2p^3$	1	$\frac{1}{2}$	1	0 2	$^2P_{3/2}$	[3,79] 2,29	2,22	$^2P_{3/2}$ $L_n=2$
^{25}Mg	$3d^1$; $3d^3$	2	$1/2$	0 2	2 2	$^2D_{5/2}$	-1,91 -0,91	0,96	$^2D_{5/2}+{}^4G_{5/2}$
		4	$3/2$	2 4	2	$^4G_{5/2}$	-0,83 -0,42		
^{31}P	$3d^3$	0	$1/2$	2	2	$^2S_{1/2}$	2,79	1,13	$^4D_{1/2}$ ($L_n=0,2$)
		2	$3/2$	2	0 2	$^4D_{1/2}$	1,34 0,84		
^{51}V	$4f^1$; $4f^3$	3	$1/3$	3	0 2	$^2F_{7/2}$	[5,79] 5,04	5,15	$^2F_{7/2}$ $L_n=0,2$
		5	$3/2$	3	2 4	$^4H_{7/2}$	3,6 2,51		
^{55}Mn	$5g^3$	2	$1/2$	4	2 4	$^2D_{5/2}$	6,02 3,79	3,0	$^2D_{5/2}+{}^4G_{5/2}$
		4	$3/2$		0 2 4	$^4G_{5/2}$	1,73 1,58 1,23		
^{63}Cu	$4f^3$	1	$\frac{1}{2}$	3	2 4	$^2P_{3/2}$	**4,79** **1,29**	2,22	$^2P_{3/2}$ ($L_n=2,4$)

TABLEAU II

Nuclide	Schéma □	L	S	Lp	Ln	Notation	μ c	μ exp	Configuration
^{6}Li	$2p^2$	0	1	1	1	$^3S_1$	0,88	0,82	$^3S_1+{}^3D_1$
		2	1	1	1	$^3D_1$	0,31		
^{10}B	$2p^2$; $3d^2$	2	1	1	1	$^3D_3$	1,8	1,80	$\simeq {}^3D_3$
		4		2	2	$^3G_3$	1,22		
^{14}N	$2p^2$	0 2	1	1	1	$^3S_1$ $^3D_3$	0,88 0,31	0,40	$\simeq {}^3D_1$
^{22}Na	$3d^2$	2	1	2	2	$^3D_3$	1,88	1,745	$^3D_3+{}^3G_3$
		4				$^3G_3$	1,22		
^{40}K	$4f^1$; $3d^3$	3	1	2	3 5	$^4F_4$	1,63 -0,27	-1,29	$^3H_4+{}^3F_4$
		5			3 5 7	$^3H_4$	1,22 -0,22 -2,3		

□ *de la fraction non saturée*

Le premier niveau de 5g semble se remplir alors que 4f contient encore des niveaux vides.

La structure du ^{63}Cu semble exister pour ^{65}Cu, ^{69}Ga, ^{71}Ga ^{75}Ga ^{75}As et probablement aussi pour ^{79}Br et ^{81}Br. Ces noyaux, comme ^{23}Na posséderaient alors un niveau profond non saturé.

N.B. *On a encadré les valeurs calculées à partir de l'hypothèse de Schmidt.*

Une étude est en cours, dans le cas des noyaux légers (niveau fondamental), pour comparer les indications fournies par les moments magnétiques et les transitions β nucléaires.

(¹) L. ROSENFELD, *Nuclear Forces*, 1948, p. 390.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Remarques sur l'absorption ultraviolette des benzaldéhydes et acétophénones 2.4.6-trisubstituées et de leurs dérivés azotés.* Note (*) de M. **Panos Grammaticakis**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

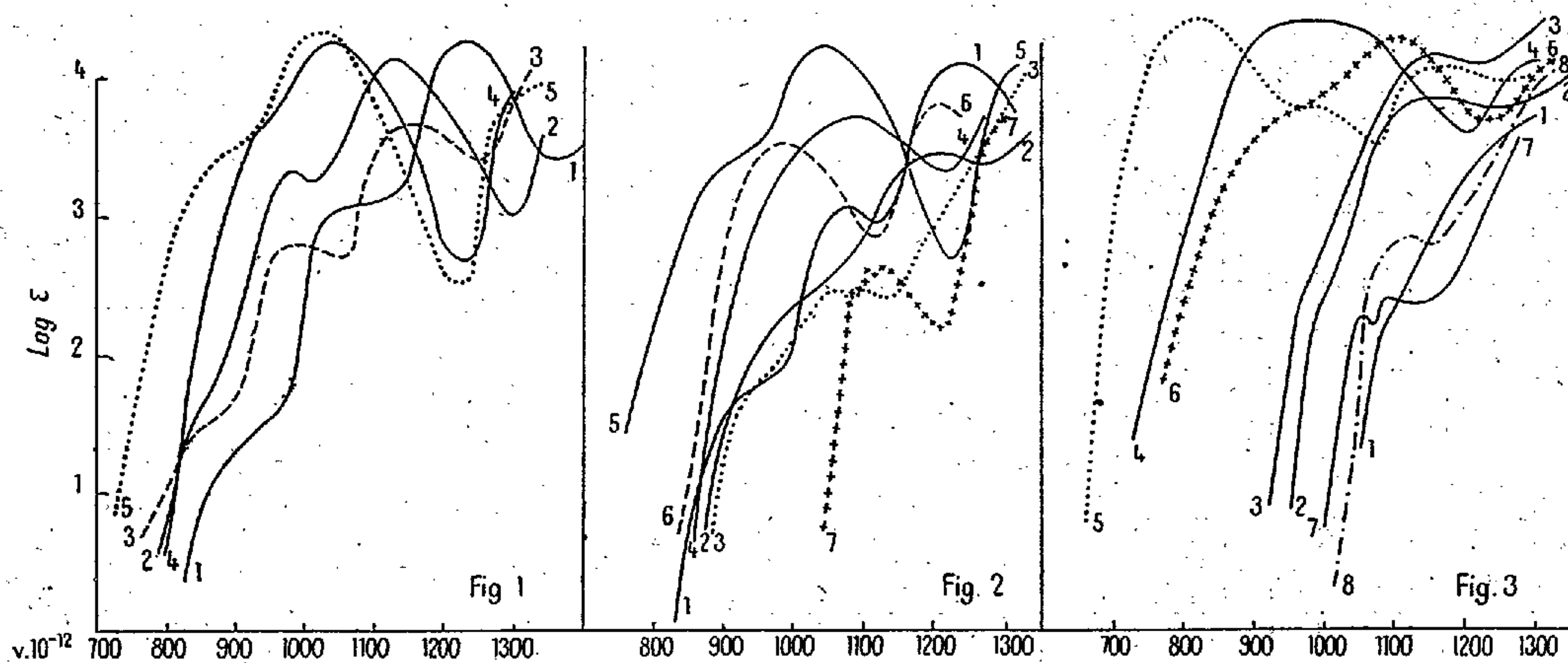
Au cours des recherches sur les composés carbonylés aromatiques et leurs dérivés azotés, j'ai été conduit à étudier l'absorption des corps de forme (A) et de leurs dérivés. Certains de ces composés diffèrent considérablement, au point de vue de la réactivité chimique, des composés correspondants $C_6H_5.Y$ et présentent un certain intérêt théorique.

(A) $2.4.6-X_3:C_6H_2.Y$ (1)

[où $X=CH_3$, Cl, CH_3O, OH; $Y=CHO$, $COCH_3$, NH_2, $CONH_2$, $CH=Y'$, $C(CH_3)=Y'$ (où $Y'=CH_2$, NOH, $N.NH.C_6H_5$)].

Voici quelques-uns des résultats obtenus.

Sur la figure 1 sont tracées les courbes des solutions alcooliques de



benzaldéhyde (courbe 1), triméthylbenzaldéhyde (2) (courbe 2), trichlorobenzaldéhyde (courbe 3), triméthoxybenzaldéhyde (courbe 4) et trihydroxybenzaldéhyde (courbe 5).

La figure 2 contient les courbes des solutions alcooliques de : acétophénone (courbe 1), triméthylacétophénone (courbe 2), trichloroacétophénone

(*) Séance du 17 juillet 1950.

(1) Tous les dérivés trisubstitués dont il est question dans la présente Note sont des dérivés symétriques 2.4.6.

(2) L'étude chimique complète (nouvelles méthodes de préparation, cinétique de certaines réactions) de tous les composés étudiés ici fera l'objet d'un Mémoire ultérieur dans lequel seront exposées également les relations spectrales entre les composés $2.4.6-X_3:C_6N_2.Y$, $2.6-X_2:C_6H_3.Y$ et $2-X.C_6H_4.Y$.

(courbe 3), triméthoxyacétophénone (courbe 4), trihydroxyacétophénone (courbe 5), *o*-méthoxypropiophénone (courbe 6) et phloroglucine (³) (courbe 7).

Sur la figure 3 sont représentées les courbes des solutions alcooliques de *o*-chloracétophénone-oxime (courbe 1), triméthylbenzaldoxime (courbe 2), trichlorobenzaldoxime (F 155°) (courbe 3), triméthylbenzaldazine (courbe 4). trichlorobenzaldéhyde-phénylhydrazone (F 119°) (courbe 5), trichloracétophénone-phénylhydrazone (136°) (courbe 6), trichlorobenzamide (courbe 7) et benzamide (courbe 8).

L'examen de ces courbes permet de faire les remarques suivantes concernant les relations entre la structure et l'absorption des composés étudiés.

1° Le remplacement des H en positions 2.4.6 sur le noyau des $C_6H_5.Y$ par X produit, suivant la nature des X et Y, soit un effet bathochrome (⁴) ($X=CH_3$, Cl, CH_3O, OH et $Y=CHO$, $CH=NOH$, $CH=N.NHC_6H_5$), soit un effet hypsochrome (⁵), [$X=Cl$ et $Y=COCH_3$, $C(CH_3)=N.NH.C_6H_5$], soit, enfin, une diminution, en général, dans l'intensité de l'absorption ($X=CH_3$ et $Y=COCH_3$); la forme de la courbe des C_6H_5Y change, en général, profondément lorsque le substituant X est CH_3O ou OH.

Il est à noter que l'*o*-méthoxylation de l'acétophénone (⁶) s'accompagne d'un effet bathochrome, tandis que l'introduction de deux CH_3O en 4.6 sur le noyau de l'*o*-méthoxyacétophénone produit un effet hypsochrome.

2° L'écart des effets spectraux de méthylation et de chloruration ainsi que celui des effets de méthoxylation et d'hydroxylation sont plus faibles que l'écart des effets de méthylation et de méthoxylation. En particulier, le remplacement du CH_3 par le Cl produit, suivant la nature de Y, une diminution (⁷) ($Y=COCH_3$) ou une augmentation de l'intensité de l'absorption ($Y=CH=NOH$).

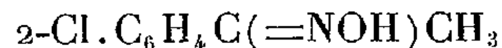
(³) L'absorption du 1.3.5-triméthoxybenzène, très voisine de celle de la phloroglucine, n'a pas été donnée ici. Rappelons que l'absorption des corps $X_3:C_6H_3$ est liée à l'indice spectral de conjugaison (I. S. C.) (*Bull. Soc. Chim.*, 5ᵉ série, **17**, 1950, p. 158) des groupes $X_3:C_6H_2$—et—Y.

(⁴) Les groupes X peuvent être classés par ordre d'effet bathochrome croissant comme suit : $CH_3 \sim Cl < CH_3O < OH$.

(⁵) L'indice spectral de conjugaison (I.S.C.) des $Cl_3:C_6H_2$—et—$COCH_3$ ainsi que celui des $Cl_3:C_6H_2$—et—$C(CH_3)=N.NH.C_6H_5$ sont très faibles. L'absorption de la trichloracétophénone-phénylhydrazone se rapproche de celle de la phénylhydrazone de l'acétaldéhyde. En général l'I.S.C. des $X_3:C_6H_2$—et—$C(CH_3)=Y'$ (pour $X=CH_3$, Cl) doit être très faible.

(⁶) On suppose que l'absorption de l'*o*-méthoxyacétophénone est très voisine de celle de l'*o*-méthoxypropiophénone.

(⁷) Un phénomène analogue s'observe pour la $Cl_3:C_6H_2CONH_2$ et la



$$2\text{-}Cl.C_6H_4C(=NOH)CH_3$$

dont les absorptions sont respectivement voisines des $(CH_3)_3:C_6H_2.CONH_2$ et $2\text{-}CH_3.C_6H_4.C(=NOH)C_2H_5$.

3° La différence spectrale entre les composés $X_3 : C_6H_2.CHO$ et $X_3 : C_6H_2.COCH_3$ (ceux-ci étant moins absorbants que ceux-là) croît avec la nature de X suivant l'ordre : $OH < CH_3O < Cl \sim CH_3$; le trihydroxybenzaldéhyde et la trihydroxyacétophénone présentent des absorptions assez voisines.

Enfin, en ce qui concerne les relations entre la réactivité et l'absorption des composés étudiés, on constate que la réactivité des composés $X_3 : C_6H_2.Y$ est, en général, plus faible que celle des $C_6H_5.Y$ correspondants, bien que l'absorption de ces derniers peut être, suivant la nature des groupes X et Y, plus grande ou moins grande que celle des $X_3 : C_6H_2.Y$.

L'ensemble des faits précédents semble être difficilement interprétable d'après les théories actuelles de l'absorption des composés organiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude du gel de silice par la diffusion centrale des rayons* X. Note (*) de M. **Boris Imelik** et Mlle **Yvette Carteret**, présentée par M. Paul Pascal.

On peut mettre en évidence et suivre l'adsorption sur gel de silice par la méthode de diffusion des rayons X aux petits angles, à condition que la densité électronique de la phase adsorbée soit sensiblement égale ou supérieure à celle de la phase adsorbante. De plus, l'étude de l'évolution des caractéristiques de la diffusion centrale provoquée par la phase adsorbée permet dans certains cas d'élucider l'origine de la diffusion.

L'interprétation du phénomène de diffusion centrale aux rayons X présente des difficultés pour l'étude des corps poreux. En effet, la diffusion étant produite par le contraste électronique, il est nécessaire de déterminer l'origine du phénomène.

Brusset (1) a récemment montré par l'analyse comparative de l'intensité du faisceau central que la diffusion centrale observée dans le cas de gel de silice vitreux caractérise les pores; par contre, Shull, Elkin et Roess (2) concluent, pour leurs gels, que la diffusion observée est caractéristique des particules.

Nous avons pensé que l'étude de l'évolution des caractéristiques de la diffusion centrale des rayons X provoquée par des substances adsorbées sur la matière poreuse, peut nous permettre d'élucider l'origine de la diffusion.

Les expériences de la diffusion des rayons X aux petits angles ont été faites suivant la méthode de Guinier avec le rayonnement K_α du cuivre émis par un tube fonctionnant sous 30 kV et 10 mA. Rappelons que ce dispositif a un champ d'action limité; il permet suivant le cas l'examen des particules ou des cavités dont les diamètres sont compris à peu près entre 10 et 200 Å.

Le gel utilisé dans nos essais a été préparé de la manière suivante : on mélange 50^{cm^3} de

(*) Séance du 22 mai 1950.

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 319.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1410.

formol à 30 %, 45$^{cm^3}$ d'eau et 5 $^{cm^3}$ de silicate de sodium commercial. Le gel se forme par chauffage au bain-marie bouillant. Il est ensuite broyé, lavé longuement à l'eau jusqu'à disparition totale du formol ; ensuite séché à l'étuve à 120° C.

Pour déterminer la distribution et la taille des pores, nous avons utilisé l'isotherme d'absorption obtenue avec la vapeur d'eau à 30° C suivant la méthode statique employée par Bull (3). D'après cette isotherme, en appliquant la méthode de Shull (4), nous avons calculé le rayon moyen des pores.

En réalité la fonction de distribution des pores du gel étudié est composée : d'une part, d'une fonction de répartition pour les pores d'un rayon supérieur à 100 Å, d'autre part d'une autre fonction de répartition pour les pores d'un rayon inférieur à 100 Å. Seule cette dernière fonction nous intéresse à cause des limitations du dispositif d'étude de diffusion centrale, déjà signalé plus haut.

Nous avons trouvé pour la fonction de distribution de ces pores une fonction de Gauss, de paramètre $\beta = 5$, le rayon moyen des pores étant de 30 Å. De plus, le gel, donnant une diffusion centrale notable, nous a permis de calculer le rayon de giration $R = 22,5$ Å. En attribuant la diffusion centrale aux cavités de forme sphérique, nous avons calculé que le rayon de ces pores est de 28,5 Å environ.

Déjà, ces essais mettent en évidence que la diffusion centrale observée dans le cas de gel étudié caractérise vraisemblablement les pores, ce qui confirmerait l'hypothèse faite par Brusset. Nous allons voir par la suite que cette constatation se trouve vérifiée par les expériences d'adsorption des vapeurs de l'eau, du tétrachlorure de carbone et de l'iode.

En général, les deux premières n'ont pas provoqué de changements notables, la caractéristique $\log i = f(\varepsilon^2)$ restant sensiblement la même. Nous avons observé régulièrement l'augmentation du pouvoir absorbant pour le rayonnement X et, dans certain cas (pression de vapeur élevée), une légère augmentation du rayon de giration. Ce dernier phénomène est actuellement à l'étude

Par contre, les vapeurs d'iode provoquent un changement sensible de la diffusion. Quelques résultats obtenus sont exposés dans la figure jointe. Le gel initial est représenté par la courbe 1. La courbe 2 a été tracée au cours de l'adsorption. Près de la saturation nous avons obtenu la courbe 3. Par désorption totale, nous retrouvons des caractéristiques identiques à celles de la courbe 1.

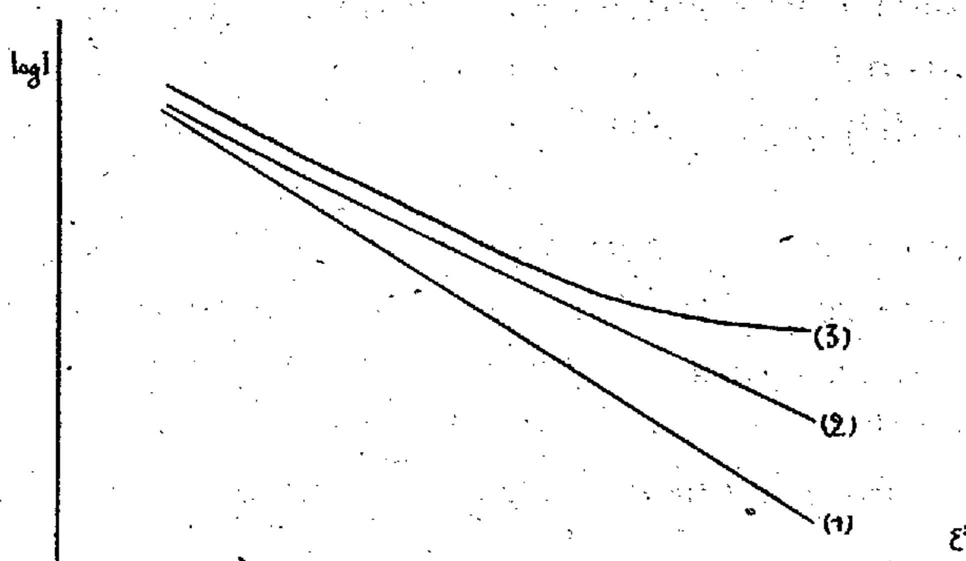
Nous avons analysé ces courbes d'après la méthode graphique de Shull et Rœss (5) et, en admettant pour les pores une forme sphérique, nous avons

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 1499.
(4) *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 1405.
(5) *J. App. Phys.*, 18, 1947, p. 295.

obtenu les rayons de giration moyens : courbe 1 : 22,5 Å ; courbe 2 : 20,5 Å ; courbe 3 : 19,5 Å.

Il faut remarquer que l'interprétation quantitative des caractéristiques hétérogènes de la diffusion centrale présente à l'heure actuelle encore bien des difficultés. Nous n'attribuons donc à ces chiffres qu'une valeur indicative seulement, permettant toutefois de fixer l'ordre de grandeur et le sens de l'évolution générale de la caractéristique de la diffusion.

Néanmoins, on peut observer, grâce à l'adsorption de l'iode, la diminution de la taille des pores ; ils reprennent leur grandeur initiale après désorption.



Il résulte de ces essais, qu'on peut suivre le phénomène de l'adsorption par la méthode de diffusion centrale des rayons X, à condition que la densité électronique de la phase adsorbée soit sensiblement égale ou supérieure à celle de la phase adsorbante. De plus, les observations de l'évolution des caractéristiques de la diffusion centrale provoquée par la phase adsorbée permettent d'élucider l'origine de la diffusion.

Remarquons, pourtant, que des difficultés peuvent se produire dans le cas où l'adsorption entraîne une dilatation des pores, ce qui peut se produire notamment à une pression de vapeur élevée et lors de l'adsorption en phase liquide.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Polymérisation sous l'influence des ions hydrogène.* Note (*) de M. **Alfred Eliahu Simchen**, présentée par M. Louis Hackspill.

Considérons, en solution aqueuse, une réaction chimique à laquelle prend part l'ion hydrogène

(1) $$aA + mH^+ \rightleftharpoons bB,$$

où a, m, b sont les coefficients stœchiométriques ; A, B des ions ou molécules.



(*) Séance du 21 novembre 1949.

En désignant par [A], [B], [H] les concentrations, et la concentration totale par

$$[C]=[A]+[B], \tag{2}$$

la loi des masses correspondante donne

$$\frac{[A]^a[H]^m}{[B]^b}=K. \tag{3}$$

La réaction (1) représente, pour $a=b=m=1$, et de droite à gauche, la dissociation d'un acide faible; pour a, b, m quelconques, et de gauche à droite, une polymérisation sous l'influence des ions hydrogène si $a>b$.

Soit γ une fraction définie par

$$[C]\gamma=[A], \qquad [C](1-\gamma)=[B]. \tag{4}$$

En substituant ces valeurs de [A] et de [B] dans (3), on obtient

$$\frac{[H]^m\gamma^a}{(1-\gamma)^b}=K[C]^{(b-a)}=L=\text{const}. \tag{5}$$

Pour $a=b=m=1$, l'équation (5) prend la forme bien connue

$$\frac{[H]\gamma}{(1-\gamma)}=K, \qquad pH-pK=\frac{\log\gamma}{(1-\gamma)} \qquad (\text{avec } pK=\text{colog}K). \tag{5 bis}$$

Mesurons une propriété physique pour laquelle A et B donnent des valeurs différentes. En portant la valeur mesurée en ordonnée, et le pH du milieu en abscisses, on obtient une *courbe de propriétés* en S, reliée à $\gamma=f(\text{pH})$. La fonction $\gamma=f(\text{pH})$ a pour dérivées première et seconde

$$\frac{d\gamma}{d\text{pH}}=2{,}303\,\frac{m\gamma(1-\gamma)}{a-a\gamma+b\gamma}, \tag{6}$$

$$\frac{d^2\gamma}{d(\text{pH})^2}=5{,}302\,\frac{m^2\gamma(1-\gamma)[\gamma^2(a-b)-2a\gamma+a]}{(a-a\gamma+b\gamma)^3}. \tag{7}$$

On a $d\gamma/d\text{pH}\geqq 0$ car $0\leqq\gamma\leqq 1$, et des points d'inflexion pour

$$\gamma_1=0, \qquad \gamma_2=1, \qquad \gamma_3=\frac{a-\sqrt{ab}}{a-b}. \tag{8}$$

L'autre racine de l'équation en γ^2 est impossible à cause de $0\leqq\gamma\leqq 1$. γ_1 et γ_2 correspondent aux extrémités de la courbe en S, γ_3 au point d'inflexion situé vers le milieu de la courbe, et le pH correspondant est calculé de (5)

$$\text{pH}_{\text{inflexion}}=\frac{0{,}4343}{m}\left[(a-b)\,ln(a-b)\,C-ln K-ln\frac{(\sqrt{ab}-b)^b}{(a-\sqrt{ab})^a}\right]. \tag{9}$$

Les pentes aux points d'inflexion seront calculées à partir de (6) et de (8) $d\gamma_1/d\text{pH}=d\gamma_2/d\text{pH}=0$; pour γ_3 on a

$$\frac{d\gamma_3}{d\text{pH}}=2{,}303\,m\,\frac{a+b-2\sqrt{ab}}{(a-b)^2}. \tag{10}$$

Cas particuliers. — 1. Si $a=b$, on a

(6 *bis*) $$\frac{d\gamma}{d\text{pH}}=2,303\frac{m}{a}\gamma(1-\gamma),$$

(7 *bis*) $$\frac{d^2\gamma}{d(p\text{H})^2}=5,302\frac{m^2}{a^2}\gamma(1-\gamma)(1-2\gamma)$$

et aux points d'inflexion

(8 *bis*) $$\gamma_1=0,\quad \gamma_2=1,\quad \gamma_3=0,5;$$

(10 *bis*) $$\frac{d\gamma_1}{d\text{pH}}=\frac{d\gamma_2}{d\text{pH}}=0;\quad \frac{d\gamma_3}{d\text{pH}}=0,576\frac{m}{a},$$

avec

(9 *bis*) $$\text{pH}_1=-\infty,\quad \text{pH}_2=+\infty,\quad \text{pH}_3=\frac{p\text{K}}{m}.$$

2. Si $a=b=m=1$, on a

(6 *ter*) $$\frac{d\gamma}{d\text{pH}}=2,303\gamma(1-\gamma),$$

(7 *ter*) $$\frac{d^2\gamma}{d(\text{pH})^2}=5,302\gamma(1-\gamma)(1-2\gamma)$$

et, aux points d'inflexion

(8 *ter*) $$\gamma_1=0,\quad \gamma_2=1,\quad \gamma_3=0,5;$$

(10 *ter*) $$\frac{d\gamma_1}{d\text{pH}}=\frac{d\gamma_2}{d\text{pH}}=0,\quad \frac{d\gamma_3}{d\text{pH}}=0,576,$$

avec

(9 *ter*) $$\text{pH}_1=-\infty,\quad \text{pH}_2=+\infty,\quad \text{pH}_3=\text{pK}.$$

Il suffit donc que $a=b$ pour que le point d'inflexion de la courbe $\gamma=f(\text{pH})$ coïncide avec le point de demi-transformation de A en B($\gamma=0,5$). C'est alors, et alors seulement, que la courbe $\gamma=f(\text{pH})$ est symétrique. Lorsque a et b ne sont pas égaux, on obtient des courbes asymétriques pour $\gamma=f(\text{pH})$, ou en général pour $X=f(\text{pH})$, où X est la grandeur d'une propriété physique qui a une grandeur différente pour A et pour B. Ce genre de courbes asymétriques pour des variations de propriétés physiques en fonction du pH a été fréquemment décrit (par exemple Jander et ses élèves; Carpéni, Souchay, Foucherre) [1]. Des tangentes d'inflexion verticales sont impossibles à cause des équations (10) et (10 *bis*).

On aura donc, dans une polymérisation par les ions H^+, des courbes asymétriques et inversement, une *courbe de propriétés* asymétrique permettra de conclure à une polymérisation. La polymérisation par les ions hydrogène peut

[1] *Comptes rendus* des dernières années.

être considérée comme un cas particulier de phénomènes plus généraux développés dans la théorie de F. Vlès ([2]) sur la stabilité moléculaire en fonction du pH.

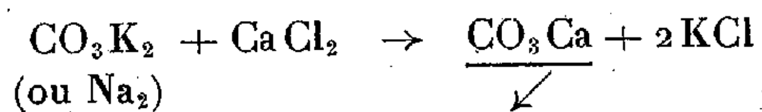
CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les transformations de la vatérite naissante au contact de sa liqueur-mère.* Note (*) de MM. **René Faivre** et **Robert Wallaeys**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons déjà montré ([1]) ([2]) que l'on obtient la vatérite, forme la plus instable de CO_3Ca, cristallographiquement et chimiquement très pure, en effectuant vers 30° la réaction de double décomposition de $CaCl_2$ et de CO_3K_2 (ou Na_2) en solutions normales, préalablement dégazées et additionnées de 10 % d'alcool, à condition de séparer très rapidement le précipité de sa liqueur-mère (filtration accélérée, lavages à l'alcool, puis à l'éther), de le dessécher très soigneusement (vide à $CaCl_2$, puis étuve à 150°) et de le laver ensuite dans de l'eau distillée dégazée pour le débarrasser des sels de potassium que les lavages à l'alcool et à l'éther ont incomplètement éliminés.

Cette vatérite pure et sèche est très stable. Elle ne se transforme en calcite que lorsqu'on la place dans des conditions relativement sévères : pyrolyse au delà de 350°, contact prolongé avec une solution de CO_2 dans l'eau.

Par contre, la vatérite naissante se transforme en quelques minutes soit en calcite, soit en un mélange de calcite et d'aragonite au contact de l'eau; la vatérite mal desséchée se transforme en quelques semaines ou en quelques mois en calcite, en aragonite ou en mélanges de ces deux variétés. Ce sont ces deux dernières propriétés qui justifient le mode opératoire un peu compliqué décrit ci-dessus.

Pour étudier les transformations de la vatérite naissante, nous avons effectué la réaction



$$\underset{\text{(ou Na}_2\text{)}}{CO_3K_2} + CaCl_2 \rightarrow \underline{CO_3Ca} \downarrow + 2KCl$$

à partir de solutions contenant 10 % d'alcool et soigneusement dégazées, à trois températures convenablement choisies, soit 25°, 30°, 35°.

Au cours de chacune de ces trois expériences, nous agitons énergiquement la suspension de CO_3Ca de façon à éviter toute séparation par différences de densité et nous prélevons, à intervalles réguliers (0, 1/2, 1, 3/2, 2 minutes, etc.),

---

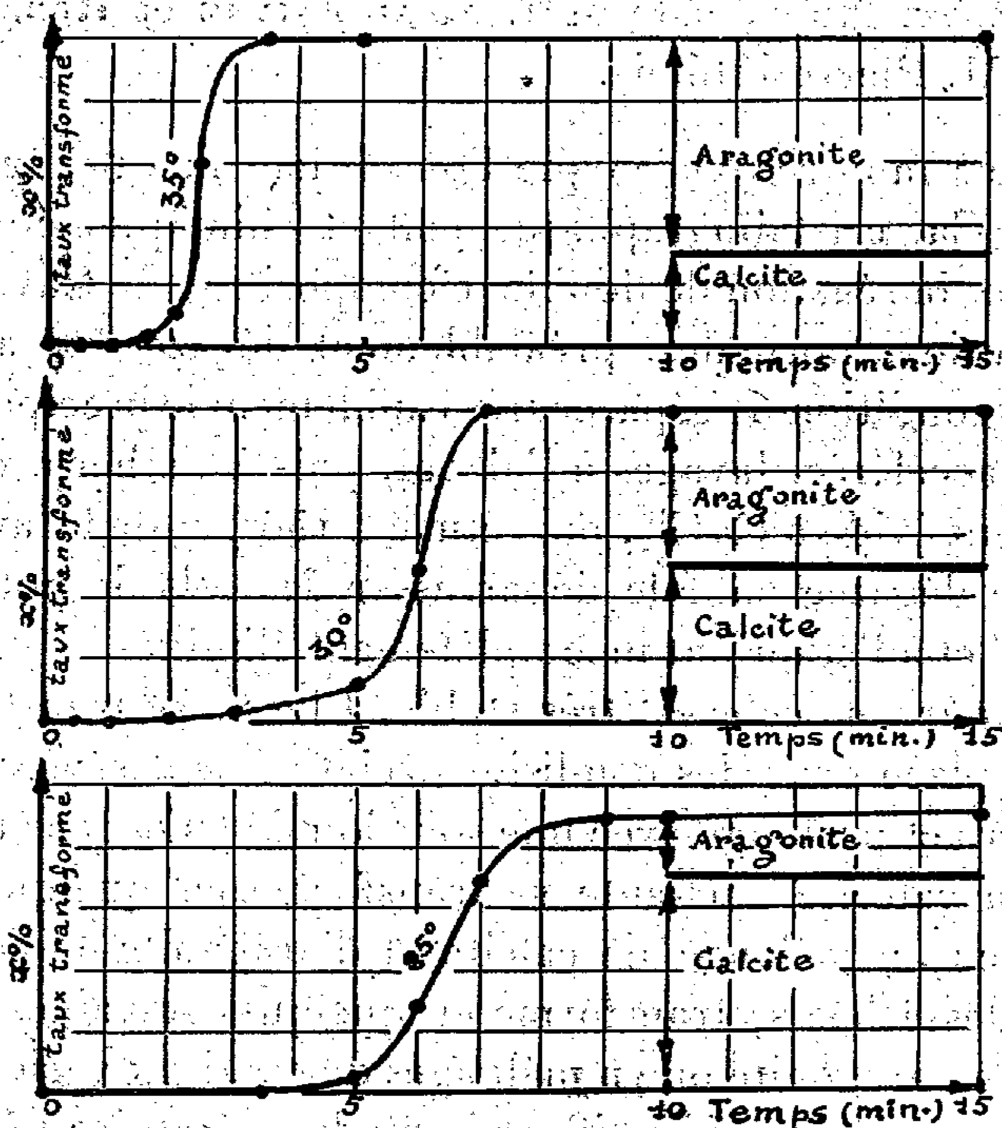
([2]) *Arch. Phys. Biol.*, 5, 1926, p. 1 et 14, 1937, p. 281.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

([1]) R. Faivre, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 140.

([2]) R. Faivre et G. Chaudron, *XIe Congrès International de Chimie pure et appliquée.* Londres, 1947, 352/1.

une fraction du précipité que nous plaçons dans de l'alcool à 96°, puis desséchons et purifions dans les conditions décrites ci-dessus pour la vatérite pure. Grâce à des clichés de Debye-Scherrer très soignés (¹) (²) et à un étalonnage préalable effectué à l'aide de mélanges des trois formes de CO_3Ca en proportions connues, nous dosons les trois variétés de CO_3Ca dans les différents précipités.



Cinétique des transformations de la vatérite naissante au contact de sa liqueur-mère, à 25°, 30° et 35°; en ordonnées, x, taux de vatérite transformée en % ; en abscisses, le temps en minutes.

Les courbes de la figure 1 résument cette étude. Elles montrent que la vatérite ne se transforme pas dès sa naissance. Une période d'induction de 4 minutes à 25°, 3 minutes à 30° et 1 minute à 35° est nécessaire pour que la transformation s'amorce; mais dès qu'elle est amorcée, l'évolution du précipité se poursuit très rapidement. Comme dans les transformations par pyrolyse sèche de l'aragonite et de la vatérite [3], c'est un mécanisme de formation et de croissance de germes qui règle le phénomène.

La calcite et l'aragonite ne se forment pas simultanément aux dépens de la vatérite : la calcite apparaît au début, l'aragonite à la fin de la transformation. Les proportions de ces deux variétés varient beaucoup avec la température :

(³) MM. Pruna, R. Faivre et G. Chaudron, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 398 et *Bull. Soc. Chim. France*, 3-4, 1949, p. D.124; *Colloque International des réactions dans l'état solide*. Paris, 1948.

on obtient 70 % de calcite à 25°, 30 % à 35°; projetée dans de l'eau distillée, dégazée et maintenue à 60°, la vatérite naissante se transforme totalement en aragonite.

Ces expériences confirment les mécanismes de formation de la calcite et de l'aragonite par l'intermédiaire de la vatérite décrits par l'un d'entre nous (¹). Elles montrent la valeur relative des résultats obtenus par des auteurs qui ont négligé l'évolution du précipité en fonction du temps (⁴).

Nous retrouvons le fait que la stabilité apparente d'une forme métastable n'est pas un caractère fondamental, spécifique de cette forme : elle dépend de très nombreux facteurs, parfois impondérables, tels que la présence de germes, la grosseur et le degré de perfection des cristaux (⁵), leurs propriétés superficielles, la présence de traces d'impuretés (ici H_2O et CO_2), etc.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation des esters cétoparaconiques.* Note (*) de MM. **Henry Gault** et **Henry Gottiniaux**, transmise par M. Marcel Delépine.

Cette Note a trait à l'hydrogénation des esters γ-alcoyl et γ-aryl-α-cétoparaconiques (I) obtenus par condensation de l'ester oxalacétique avec différents aldéhydes : formol ($R = H$), œnanthol ($R = C_6H_{13}$), benzaldéhyde ($Ar = C_6H_5$) suivant les conditions expérimentales indiquées par l'un de nous (¹).

Il nous a paru, en particulier, intéressant d'étudier le comportement du groupement $C = O$ et du complexe olidique que renferment ces esters, vis-à-vis d'agents hydrogénants tels que l'amalgame de sodium et l'hydrogène moléculaire en présence de nickel Raney.

Voici les principaux résultats que nous avons obtenus au cours de ces recherches :

1. Hydrogénation par l'amalgame de sodium. — *a. Ester α-cétoparaconique* ($R = H$). — On obtient, en milieu acide, exclusivement l'ester α-hydroxyparaconique (II) huile jaune ($E_{0,01}$ 100°; Rdt 75 %); en milieu basique un mélange de l'ester (II) et de l'acide correspondant (paillettes blanches : F 186°, Rdt 5 %) sous forme de sel alcalin.

b. Ester γ-phényl α-cétoparaconique ($Ar = C_6H_5$). — Wislicenus étudiant

(⁴) W. L. de Keyser et L. de Gueldre, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 59, 1950, p. 40-71.
(⁵) G. Lucas, *Bull. Soc. Franç. Minéralogie*, 70, 1947, p. 185.

(*) Séance du 10 juillet 1950.
(¹) H. Gault et R. Durand, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 848; H. Gault et G. Fishhof, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1299; H. Gault et J. Suprin, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 86; H. Gault et R. Ritter, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 816.

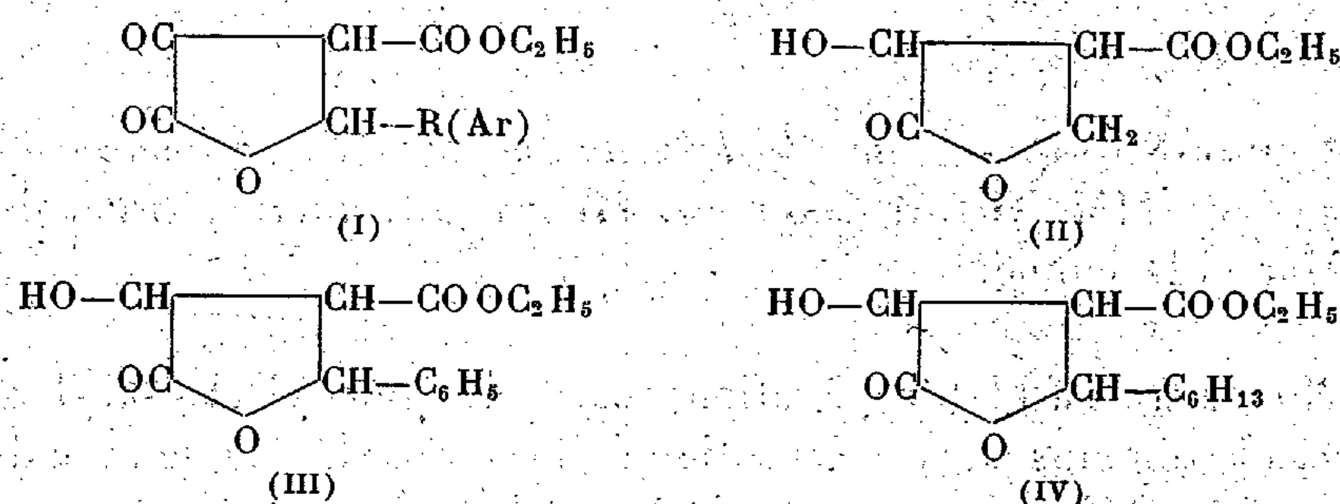
l'hydrogénation de cet ester ([2]), avait obtenu, en milieux aqueux et basique, l'ester-alcool (III).

En opérant en milieu alcoolique-alcalin, nous avons obtenu un mélange de l'ester (III) (F 87°, Rdt 78 %) et de l'acide correspondant (F 115°, Rdt 3 %) sous forme de sel alcalin.

En milieu alcoolique-acide, l'ester phénylcétoparaconique reste inaltéré.

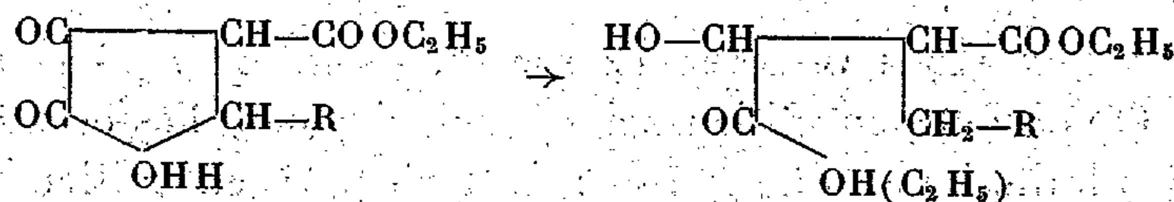
c. Ester γ-hexyl α-cétoparaconique ($R = C_6H_{13}$). — En milieu acide, cet ester n'est pas hydrogéné; en milieu basique, l'hydrogénation conduit à un mélange de l'ester (IV) (E_2 130°, Rdt 70 %) et de l'acide correspondant (F 105°, Rdt 5 %) sous forme de sel alcalin.

En milieu alcalin, la fonction cétone seule est hydrogénée, le complexe olidique restant inaltéré.



2. Hydrogénation catalytique en présence de nickel Raney. — Sous la pression de 100^kg et à la température de 100°, on obtient essentiellement les monoesters des acides maliques β-substitués, par ouverture du noyau olidique entre l'oxygène et le groupement méthylène voisin.

Lorsque le solvant employé est l'alcool, le monoester formé s'estérifie partiellement en diester.



a. Ester α-cétoparaconique (R=H). — On obtient les esters de l'acide β-méthylmalique, et en particulier, avec l'alcool comme solvant, un mélange du diester (E_{27} 147°, Rdt 35 %) et du monoester (E_3 150° déc., Rdt 5 %); avec l'acétate d'éthyle comme solvant, exclusivement le monoester (Rdt 67 %). L'acide β-méthylmalique obtenu par saponification fond à 120°.

b. Ester γ-phényl α-cétoparaconique ($Ar = C_6H_5$). — On obtient les esters de l'acide β-benzylmalique : avec l'alcool comme solvant, un mélange du diester

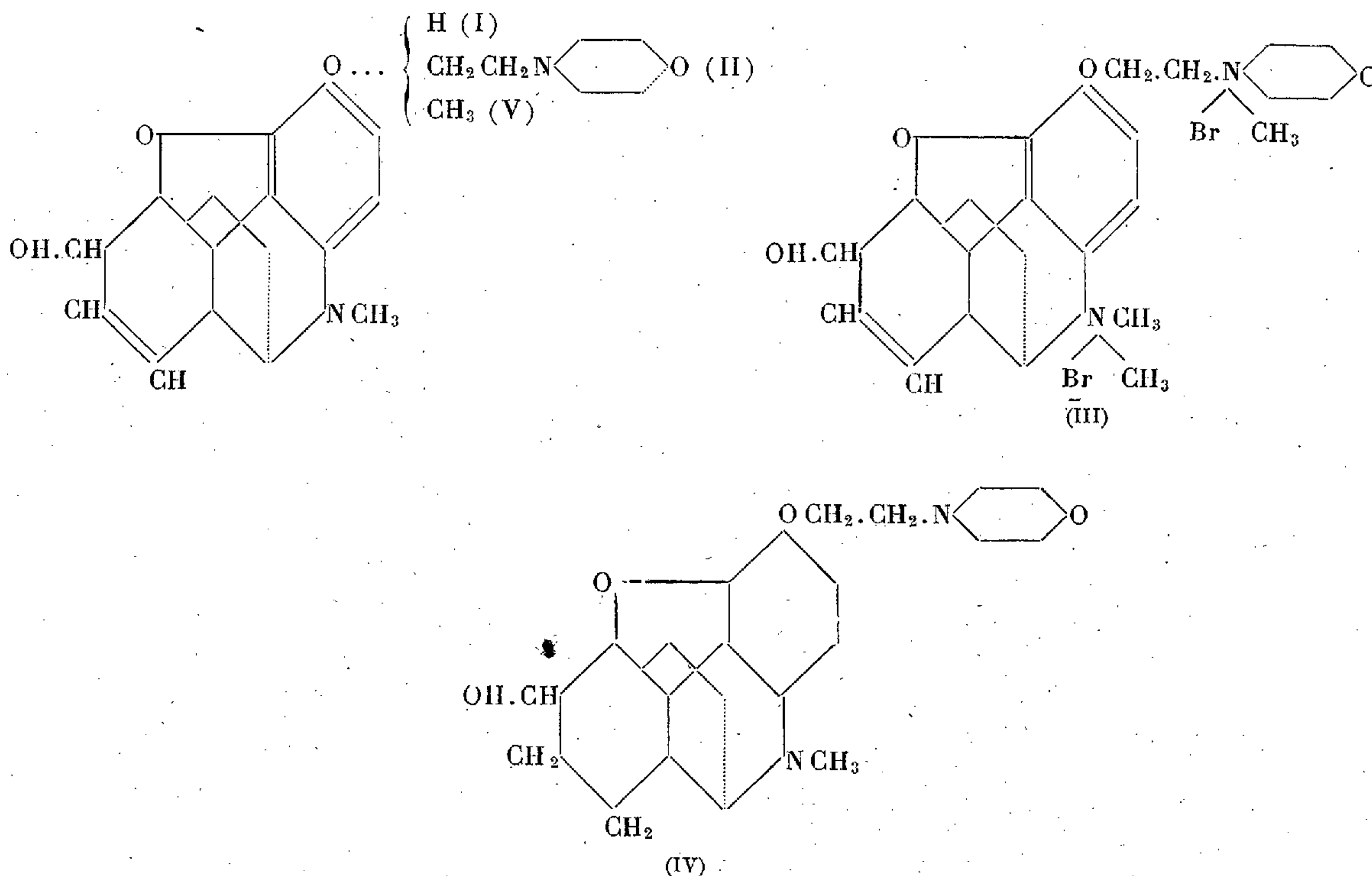
([2]) Wislicenus, *Ber.*, 24, 1891, p. 3416.

(E_3 45°, Rdt 39 %) et du monoester (VI) (E_4 120° déc., Rdt 4 %); avec l'acétate d'éthyle comme solvant, exclusivement le monoester, (Rdt 54 %). L'acide β-benzylmalique obtenu par saponification fond à 153°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude chimique et pharmacologique de quelques nouveaux dérivés de la morphine.* — Note (*) de MM. **Pierre Chabrier, René Giudicelli** et Mlle **Kirstin Kristensson**, transmise par M. Marcel Delépine.

Les auteurs ont préparé le dibromométhylate (III) et le dérivé dihydrogéné (IV) (hydrogénation catalytique en présence de Ni Raney) d'un nouvel éther phénolique de la morphine. L'étude pharmacologique de ces composés, faite comparativement à celle des dérivés correspondants de la morphine et de la codéine, a montré, notamment, que (III) est doué d'un intense pouvoir curarisant.

Dans un précédent Mémoire (¹) nous avons décrit et étudié les propriétés pharmacologiques de quelques nouveaux éthers phénoliques de la morphine [formule (I)] et plus spécialement la morpholyléthylmorphine (M. E. M.) [formule (II)] en raison des particularités de cette substance.



(*) Séance du 17 juillet 1950.

(¹) *Ann. Pharm. Fr.*, 8, 1950, p. 261.

Dans cette Note nous décrirons deux dérivés de ce nouvel éther de la morphine : son produit d'addition avec le bromure de méthyle, en l'espèce le dibromométhylate [formule (III)] et son dérivé dihydrogéné [formule (IV)]. Nous comparerons, en outre, les propriétés pharmacologiques essentielles de ces nouvelles substances à celles des dérivés correspondants déjà connus de la morphine et de la codéine [formule (V)].

Dibromométhylate de morpholyléthylmorphine [composé (III)]. — Cette substance s'obtient très facilement (Rt = 94 %) par action d'un léger excès de bromure de méthyle sur une solution chloroformique de morpholyléthylmorphine F 298-300°.

Analyse. — Br % : calculé, 26,36; trouvé, 26,20.

Dérivés d'hydrogénation. — La morphine et ses éthers phénoliques ont été hydrogénés par Oldenberg ([2]) puis Freud ([3]) en présence de Pd.

Nous avons utilisé le nickel de Raney comme agent catalytique en opérant, soit en milieu aqueux à partir des sels d'alcaloïdes (chlorhydrate, acétate), soit en milieu alcoolique tenant en solution l'alcaloïde lui-même. Dans les deux cas, l'hydrogénation s'est réalisée facilement.

La dihydromorpholyléthylmorphine [formule (IV)] fond à 52°. Elle est très soluble dans l'eau, l'alcool, l'acétone et le chloroforme.

Le tableau ci-dessous donne les constantes et quelques propriétés pharmacologiques de ces différents composés.

Composés.	P F (°C).	LD 50 chez la souris. Voies. intra-veineuse.	LD 50 chez la souris. Voies. sous-cutanée.	Activité inhibitrice respiratoire à la dose de 0,001 g/kg, voie intra-vein.	Activité convulsivante.	Dose curarisante par kg de lapin.	Dose curarisante par g de grenouille.	Cathatonus de la queue après inject. sous-cutanée de dose $\frac{\text{LD 50}}{5}$ (phénomène de Straub).
		g	g			g		
Morphine (base)........	230	0,135	0,37	+++	+			+++
Bromométhylate........	287–289	0,052	0,345	+	(+)	0,153	400γ	0
Chlorhydrate de dihydro.	151–153	0,05	0,08	+++	+			++
Codéine (base)..........	155	0,06	0,134	++	+++			0
Bromométhylate........	298	0,055	0,365	+	+	0,162	200γ	0
Dihydrocodéine..........	62	0,08	0,135	++	++			(+)
Morpholyléthylmorphine (base)...............	91	0,23	1,01	++	(+)			0
Dibromométhylate......	298–300	0,008	0,0325	(+)	(±)	0,012	2γ	0
Dihydro. M. E. M.......	52	0,23	0,540	++	0			0

L'examen de ce tableau montre que :

1° Le dibromométhylate de M. E. M. est environ 30 fois plus toxique que

([2]) *Ber. D. Chem. Ges.* 44, 194 , p. 1829.
([3]) *J. Prakt. Chem.* 101, 1921, p. 12.

la M. E. M., tandis que la toxicité des monobromométhylates de morphine et de codéine est respectivement une fois et 0,36 fois celle des alcaloïdes générateurs.

L'ordre décroissant des toxicités qui, pour les bases, est

Codéine > morphine > M. E. M.,

se trouve inversé quand on considère les toxicités des bromométhylates.

Le fait est d'autant plus remarquable que la M. E. M. est elle-même, par voie sous-cutanée, notamment 7,5 fois moins toxique que la codéine.

2° La bromométhylation de la morphine, de la codéine et de la M. E. M. : *a.* réduit notablement en intensité et en durée l'activité inhibitrice respiratoire des alcaloïdes générateurs; *b.* diminue leur pouvoir convulsivant; *c.* va de pair avec l'apparition de propriétés curarisantes; toutefois, ces dernières sont environ 10 fois plus puissantes chez le Lapin (test de la chute de la tête) pour le dibromométhylate de M. E. M. que pour les monobromométhylates de morphine et de codéine.

Des recherches en cours préciseront le rapport entre la fixation d'une deuxième molécule de bromure de méthyle et l'effet curarisant.

5° Le phénomène de Straub, observé au moyen de la dihydromorphine et de la dihydrocodéine (comme avec la morphine, quoique diminué) n'a pu être observé au moyen de la dihydromorpholyléthylmorphine.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de quelques amines sur le méthacrylate de méthyle.* Note (*) de M. **Paul Bieber**, transmise par M. Marcel Delépine.

L'action des amines R_2NH sur les esters non saturés $R'CH = CR''CO_2R'''$ permet d'envisager la formation d'un composé d'addition, le β-amino-ester $R'CH(NR_2)CHR''CO_2R'''$ (I), d'un composé de substitution, l'amide non saturée $R'CH = CR''CONR_2$ (III) et d'un dérivé résultant des deux effets, l'amide β aminée $R'CH(NR_2)CHR''CONR_2$ (II). De nombreuses réactions de ce genre sont connues, plus particulièrement dans le cas des acrylates [1], mais il subsistait assez d'incertitude sur les relations réciproques entre les trois types de produits formés. Nous avons soumis à une étude systématique le cas des méthacrylates, assez peu connu [2]. Nous avons ainsi pu préciser les relations entre les trois réactions.

Par action de la pipéridine les trois produits prévus ont pu être isolés. Dès la température ordinaire, une molécule de pipéridine se fixe sur une molécule de méthacrylate par une réaction faiblement exothermique, et qui répond

(*) Séance du 17 juillet 1950.

[1] Binovic, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. 206 et Thèse, Strasbourg, 1949.

[2] Howton, *J. org. Chem.*, 10, 1945, p. 277.

à un mécanisme nucléophile. Le β-pipéridinoisobutyrate de méthyle (I′) $C_{10}H_{19}O_2N$ est isolé par distillation sous vide, $É_{18}$ 102-103°; n_D^{24} 1,4488; d_4^{24} 0,9618; $RM_{tr.}$ 51,59; $RM_{cal.}$ 51,79. Rdt 90 %.

L'addition de la pipéridine est une réaction réversible. (I′) se décompose en pipéridine et méthacrylate à 155° sous 80^mm^. (I′) forme des composés d'addition cristallisés : picrate F 103°, oxalate acide F 136°, chlorhydrate F 156°. (I′) est facilement hydrolysable par l'eau froide avec production de $C_5H_{10}NCH_2CH(CH_3)COOH$, F 108°. L'hydrolyse par HCl aqueux donne son chlorhydrate F 162-163°. (I′) n'est dosable alcalimétriquement qu'en milieu alcoolique absolu.

La méthode de réduction de Bouveault et Blanc est applicable à (I′). Le pipéridino-3 méthyl-2 propanol est isolé avec un rendement de 63 %. E_{13} 100°; $n_D^{11,5}$ 1,467; $d_4^{11,5}$ 0,9311; $RM_{tr.}$ 46,83; $RM_{cal.}$ 47,05. Il donne des composés d'addition : un chlorhydrate hygroscopique F 145-146°, un picrate F 107°, un iodométhylate F peu net 92-95°. Le chlorure de benzoyle réagit pour former le dérivé benzoylé dont le chlorhydrate a été isolé. F 191°.

Ce n'est que vers 100° qu'intervient une deuxième molécule de pipéridine. On observe la distillation de CH_3OH et l'on obtient



$$C_5H_{10}NCH_2CH(CH_3)CONC_5H_{10} \text{ (II′)};$$

F 44-45°; E_2 150-154°. (II′) donne des dérivés cristallisés : chlorhydrate F 189-190°, picrate F 128°, oxalate acide F 146°. (II′) est toujours accompagné de quantités variables de $CH_2=C(CH_3)CONC_5H_{10}$(III′); E_{16} 117°; $n_D^{23,5}$ 1,487; $d_4^{23,5}$ 0,9826; $RM_{tr.}$ 44,78; $RM_{cal.}$ 45,06.

Par chauffage vers 200°, (II′) se décompose totalement en pipéridine et (III′). (III′) à température ordinaire ou à 80° ne fixe pas la pipéridine sur la double liaison pour donner (II′). (III′) est identifié par synthèse. Par l'acide méthacrylique et PCl_3 en présence de CuCl, on obtient le chlorure d'acide ($É_{760}$ 96°, Rdt 82 %) qui, avec la pipéridine, donne (III′). L'action du magnésien de la pipéridine sur le méthacrylate conduit également à (III′) (rendement 19 %).

Ainsi il est démontré que, des deux fonctions capables de réagir sur l'amine, c'est le groupe éthylénique qui est saturé avant la réaction de la fonction ester. Les composés du type (III) ne se forment pas d'une façon primaire, mais résultent d'une dissociation.

D'autres amines, dont l'action est moins aisée, permettent de confirmer cette conclusion. La diéthylamine ne s'additionne que vers 120°. Nous attribuons cet effet à l'encombrement de la diéthylamine, bien plus grand que celui de la pipéridine. On isole avec un rendement de 65,5 % le composé d'addition (I″) : $(C_2H_5)_2NCH_2CH(CH_3)COOCH_3$; $É_{15}$ 77°; n_D^{22} 1,425; d_4^{22} 0,9005; $RM_{tr.}$ 49,17; $RM_{cal.}$ 49,37; picrate F 90-90,5°.

L'addition de l'amine est réversible. (I″) est hydrolysé facilement par l'eau en donnant l'aminoacide correspondant F 84-86°.

A 200° l'action de l'amine sur la fonction ester coïncide avec une régénération partielle de la double liaison, grâce à la réversibilité de la réaction. Ainsi on isole 22,5 % de diéthylamide de l'acide β (diéthylamino) isobutyrique (II″) $C_{12}H_{26}ON_2$, $É_{15}$ 127-128°; n_D^{24} 1,453; d_4^{24} 0,889; $RM_{tr.}$ 65,14; $RM_{cal.}$ 65,5 et 28 % de polymère de la diéthylamide méthacrylique (III″). La dissociation de II″ est lente, même à 280°. Le type amide apparaît donc plus stable que le type ester qui se dissocie déjà sensiblement à 150°.

L'aniline, dont l'effet nucléophile est diminué par mésomérie, est encore moins active et ne se fixe que vers 200° en tube scellé. On isole 6,2 % de β anilinoisobutyrate de méthyle (I‴) $C_{11}H_{15}O_2N$ ($É_{15}$ 152°; n_D^{17} 1,5375; d_4^{17} 1,075), 17,6 % de β anilinoisobutyranilide (II‴), F 122° et 2,7 % d'anilide de l'acide méthacrylique (III‴), F 87°. (I‴) est identifié par analyse et par préparation de l'oxalate acide cristallisé F 120°. (I‴) n'est pas hydrolysable par l'eau à 140°. Comme dans d'autres cas analogues, l'addition d'aniline est favorisée par des catalyseurs (acide acétique). On peut envisager la formation d'un pont d'hydrogène entre le groupe OH du catalyseur et l'oxygène du carbonyle, ce qui accentue la charge positive du carbone destiné à fixer le réactif nucléophile. Ainsi on abaisse la température de la réaction à 125°, et l'on diminue la formation des dérivés (II‴) et (III‴). Le rendement en ester (I‴) est doublé. Par action de la chaleur, (I‴) ne perd pas l'aniline. La comparaison des trois amines montre que le départ thermique de l'amine est d'autant plus facile que l'addition a été plus aisée.

Enfin, dans le cas de l'éthylaniline, aucun des composés type (I) et (II) n'a pu être décelé. Le type (III) connu, présent en trop faible quantité, n'a pu être isolé qu'à l'état impur. Il est donc démontré que la facilité de l'addition des amines dépend à la fois de la basicité et de l'encombrement moléculaire. Les amines étudiées présentent une facilité d'action nettement décroissante dans l'ordre : pipéridine, diéthylamine, aniline, éthylaniline.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches d'analogues structuraux de la chloromycétine. VI. Synthèse de la N-dichloracétyl p-nitrophénylsérine.* Note de Mlle **Denise Billet**, présentée par M. Maurice Javillier.

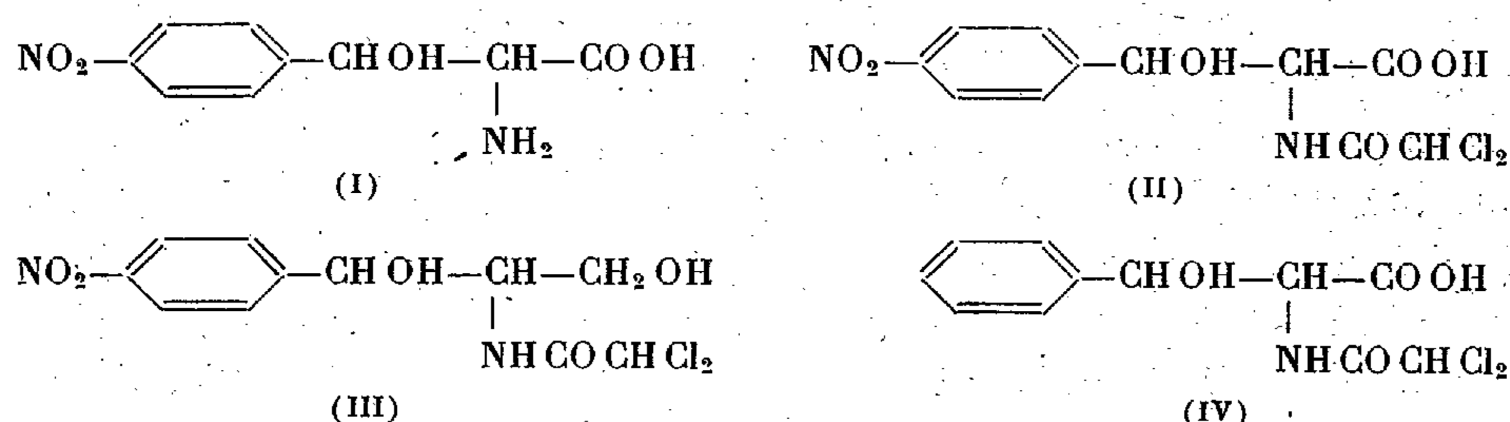
Dans une Note précédente ([1]) nous avons décrit la préparation de la paranitrophénylsérine (I), qui avait été antérieurement synthétisée par Dalgliesh selon une toute autre méthode ([2]). Nous pensions que ces acides aminés, obtenus

---

([1]) D. Billet, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1358-60.

([2]) Dalgliesh, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 90-92.

par deux voies dissemblables, répondaient à une structure stéréochimique différente (formes thréo et érythro). Afin d'apporter une première preuve à l'hypothèse formulée, nous avons préparé les deux dérivés dichloracétylés respectifs de ces acides aminés (II) dans l'intention de tenter d'identifier les deux isomères d'après leur comportement vis-à-vis des cultures de *Shigella p-dysenteriæ*, par analogie avec la chloromycétine (III).



En effet, les différences d'action entre les deux formes stéréo-isomères de l'acide aminé à groupement amine libre (I) sont trop faibles pour pouvoir constituer une preuve de structure et ne permettent d'apporter que des présomptions; tandis que l'augmentation du pouvoir bactéricide est beaucoup plus considérable lorsqu'on passe de la forme érythro de la chloromycétine de synthèse à son isomère thréo.

Diverses techniques de dichloracétylation ont dû être essayées et la synthèse préalable de la N-dichloracétylphénylsérine a dû être effectuée en tant que *modèle* du produit recherché [technique inspirée de Leuchs ([3])]. Les substances (II) et (IV) constituent de véritables analogues structuraux de la chloromycétine : (IV) permettant d'étudier l'influence du groupe — NO_2 et (II) ne différant de l'antibiotique naturel que par la substitution d'un groupement carboxyle — COOH à la fonction alcool primaire terminale — CH_2OH. Les essais biologiques sont en cours.

Partie expérimentale. — *N-dichloracétylphénylsérine* (IV). — 5^g de β-phénylsérine sont dissous dans une solution alcaline de $2^g,5$ de soude dans 30^{cm^3} d'eau (soit $2^{mol},5$ de soude pour 1^{mol} de l'acide aminé). La solution est refroidie à $0° \pm 5°$, et $3^g,6$ de chlorure de dichloracétyle fraîchement distillé sont ajoutés goutte à goutte tandis que le mélange est agité mécaniquement et maintenu dans un bain de glace. Après l'introduction qui dure environ une heure, l'agitation est poursuivie pendant 10 minutes encore et la solution qui doit rester alcaline (0,5 N environ) est neutralisée par HCl 5 N.

Le produit est extrait deux fois à l'éther, celui-ci est chassé sous vide et le résidu est recristallisé dans l'eau (Rdt 3^g; F 170°).

Analyse : pr. $C_{11}H_{11}O_4NCl_2$. — Calculé %, C 45,7; H 3,7; trouvé %, C 45,41-45,17; H 3,70-3,57.

([3]) Leuchs et Suzuki, *Ber.*, 37, 1904, p. 3313.

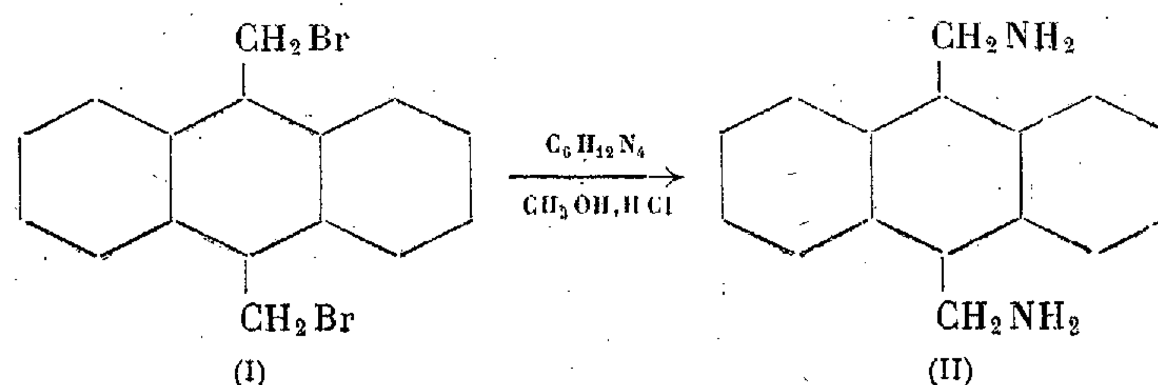
N-dichloracétyl-p-nitrophénylsérine (II). — 0g,244 de *p*-nitrophénylsérine sont dissous dans une solution alcaline de 0g,1 de soude dans 3cm³ d'eau et traités selon la technique précédente par 0g,15 de chlorure de dichloracétyle. Le produit est recristallisé deux fois dans l'eau [Rdt 0g,1; F 176° (pour les deux dérivés)].

Analyse : pr. $C_{11}H_{10}O_6N_2Cl_2$. — Calculé %, C 39,5; H 2,97; trouvé %, C 39,31 — 39,26; H 3,09 — 3,09.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de quelques amines de la série anthracénique.* Note de M. **Paulus de Bruÿn**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Le groupement amino a souvent une action physiologique. Aussi l'ai-je introduit dans la molécule du diméthyl-9.10 anthracène, par lui-même un faible carcinogène ([1]). Je l'ai introduit d'abord dans les groupements méthyles, ce qui donne des amines primaires du type (II), ensuite sur les noyaux latéraux, ce qui donne des amines aromatiques

Les amines primaires s'obtiennent par la réaction de Delépine ([2]). On connaît la grande facilité avec laquelle les diméthylanthracènes se laissent bromurer dans les méthyles ([3]). Les bromures primaires ainsi obtenus subissent facilement la réaction de Delépine [(I) → (II)].



J'ai effectué les bromurations dans le tétrachlorure de carbone ([4]) à — 10°. Les dibromures, peu solubles, précipitent. On ajoute alors un excès d'hexaméthylènetétramine dissous dans le chloroforme et chauffé 30 minutes à l'ébullition. On filtre et décompose par l'alcool méthylique contenant 15 à 20 % d'acide chlorhydrique sec, par brève ébullition.

Les diméthyl-9.10 anthracènes substitués suivants donnent une bromuration et une réaction de Delépine normales ([5]) : méthyl-2 (F 270°), éthyl-2 (F 231°), diméthyl-1.4 (F vers 130°), benz-1.2 (F 209°) ([3]), méthoxy-2

([1]) Kenneway, Kenneway et Warren, *Cancer Research*, 2, 1942, p. 157.
([2]) Delépine, *Bull.*, [3], 17, 1897, p. 290; Delépine et Jaffeux, *Bull.*, [4], 31, 1922, p. 111.
([3]) Badger et Cook, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 802.
([4]) Wittig, *Chem. Ber.*, 81, 1948, p. 368; *Ann.*, 555, 1944, p. 138.
([5]) Entre parenthèses les points de fusion des dibromures. Les chlorhydrates ne fondent pas au-dessous de 300°.

(F 222°), diméthoxy-1.3 (F > 300°), diméthoxy-2.6 (dibromure non isolé) chloro-1 (F 227°), chloro-2 (F 253°), dichloro-2.6 (F > 300°), dichloro-2.7 (F 281°), et le diméthylanthracène lui-même (F > 300°) ([3]).

Il n'est pas toujours facile de séparer les chlorhydrates du chlorure d'ammonium qui les accompagne. Ceci est possible quand ces sels sont un peu solubles dans l'alcool (chloro-1, benz-1.2) ou quand ils se laissent recristalliser directement dans l'eau (méthoxy-2 et diméthylanthracène lui-même), mais quand ils sont insolubles dans l'alcool et solubles en toute proportion dans l'eau (éthyl-2), le problème est plus difficile. La modification de Reichert et Dornis ([6]) propose une solution à ce léger inconvénient de la réaction de Delépine : quand on introduit du SO_2 dans une solution aqueuse à 30° du complexe du dibromométhyl-9.10 anthracène avec l'hexaméthylènetétramine le corps de Reichert précipite. Filtré et décomposé par l'acide chlorhydrique concentré, il fournit le chlorhydrate, cette fois exempt de NH_4Cl, mais les rendements ne sont pas quantitatifs.

Les bases sont des corps généralement très instables. Celles du chloro-1 et méthoxy-2 ne s'obtiennent qu'à l'état de produits amorphes insolubles. Par contre, celles de l'éthyl-2 F 80° et du diméthylanthracène lui-même F 234° (alcool) sont relativement stables. La base de l'éthyl-2 est intéressante à cause de sa solubilité singulièrement élevée dans l'eau.

Cas particuliers. — Une très grande réactivité est manifestée par le tétraméthyl-1.4.9.10 anthracène. Bromuré à — 10°, le dibromure précipite, mais se redissout après quelques heures. Si l'on ajoute cependant l'hexaméthylènetétramine peu après la fin de la bromuration, on obtient le complexe habituel qui donne à son tour une réaction de Delépine normale. Par contre le triméthyl-2.9.10 chloro-1 anthracène montre une très faible réactivité. Le corps ne réagit qu'avec une seule molécule de brome (dans l'acide acétique : F 216°).

Notons au passage une extension de la réaction de Delépine. Cette réaction était limitée aux bromes primaires. Une réaction d'halogènes secondaires, bien incomplète encore, n'a été observée par Delépine ([2]) que dans le cas de l'iodure d'isopropyle, le bromure de cyclohexyle ne donnant aucune réaction. Cependant, dans le tétrabromure du dibromo, méthyl-9.10 anthracène ([7]), non seulement les bromes primaires réagissent avec le $C_6H_{12}N_4$ mais les bromes secondaires participent également à la formation du complexe, qui donne une réaction de Delépine normale. J'ai ensuite vérifié que le tétrabromure du dichloro-9.10 anthracène donne également un complexe avec le $C_6H_{12}N_4$. Il en est de même pour le bromo-9 fluorène ([4]). Il semble donc se dégager de ces quelques observations, que les bromes secondaires en position allylique, donc voisins d'une double liaison, donnent aussi une réaction de Delépine, c'est-à-dire ces positions mêmes qui sont susceptibles de bromuration par la bromosuccinimide ([4]). Notons d'ailleurs le fait curieux que la bromosuccinimide elle-même donne une réaction de Delépine.

Les amines aromatiques s'obtiennent par la transposition de Beckmann des oximes des dérivés acétylés ([7]) effectuée par un mélange d'anhydride acétique et d'acide acétique (2:5) saturé d'acide chlorhydrique sec, au bain-marie, suivie d'hydrolyse alcaline. On obtient ainsi : le *diméthyl*-9.10 *amino*-2 *anthracène* F 167° (alcool), *dérivé acétylé* F 251° et 263° (benzène), le *triméthyl*-2.9.10 *aminoanthracène* F 168° (alcool) *dérivé acétylé* F 261° (benzène-alcool)

([6]) Reichert et Dornis (1941). Travail non publié. Communication privée du Professeur Reichert (*Cf.* Reichert et Baege, *Die Pharmazie*, 2, 1947, p. 451).

([7]) De Bruyn; *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1809 et 1953; 230, 1950, p. 664.

et le *diméthyl*-9.10 *chloro*-2 *aminoanthracène* F 157° (alcool) *dérivé acétylé* F 256° (benzène). Rendement : 40 %.

Il a été fait mention ci-dessus de l'emploi de quelques nouveaux méthylanthracènes, en premier lieu le *tétraméthyl*-1.4.9.10 *anthracène* que Sandin et Kitchen ([8]) n'ont pu obtenir. J'ai obtenu le corps sans difficulté par ma méthode ([7]). Cristallisé de l'alcool il fond à 101°, le picrate fond à 99°. A l'état solide le carbure est parfaitement stable. Ensuite les diméthyl-9.10 anthracènes substitués suivants : *diméthoxy*-1.3 F 116° (alcool) [même réserve sur la structure que pour l'isomère-1.4 ([7])], *picrate* F 159° (benzène), *diméthoxy*-2.6 F 218° (benzène), *picrate* F 158° (benzènealcool), *dichloro*-2.6 F 176° (acide acétique), *dichloro*-2.7 F 128° (alcool), *picrate* F 135° et 151° (alcoolbenzène). Notons enfin que l'action du CH_3MgBr sur la benzile et sur l'anisile, suivie de réduction, donne des corps fondant à 117° et à 68° (alcool).

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Les coïncidences fortuites dans la méthode des différences vectorielles.* Note de M. **Julio Garrido**, transmise par M. Charles Mauguin.

J'ai montré dans une Note précédente ([1]) que la transformée de Patterson peut servir, au moins en théorie, à déterminer directement la structure des cristaux par la considération des différences entre les divers vecteurs qui définissent les pseudo-atomes de la transformée. MM. J. Clastre et B. Gay, dans une Communication ([2]) présentée à la même séance que la mienne, sont arrivés à des conclusions analogues et ont signalé l'influence de certains éléments de symétrie sur la déduction de la structure par cette méthode. Ces deux Notes ont fait l'objet d'une remarque de M. Mauguin ([3]) où il souligne l'intérêt de l'étude des coïncidences fortuites qui peuvent se présenter entre les diverses différences vectorielles, coïncidences qui peuvent créer des difficultés pour l'application de la méthode.

Les coïncidences fortuites dans la méthode des différences vectorielles sont dues à l'existence dans la maille de *vecteurs interatomiques équipollents.*

Prenons comme exemple le cas très simple de l'existence de centres de symétrie; dans ce cas, tous les vecteurs interatomiques, sauf ceux qui unissent deux atomes équivalents par rapport à un centre de symétrie, ont un autre équipollent dans la maille. Si la structure possède par maille un atome placé au centre de symétrie et 2N atomes en position générale, le tableau des vecteurs interatomiques aura la forme :

([8]) *J. Am. Chem. Soc.*, **67**, 1945, p. 1305.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1878.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1876.

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1879.

o	$\mathbf{v}_1$	$\mathbf{v}_2$	...	$\mathbf{v}_N$	$-\mathbf{v}_1$	$-\mathbf{v}_2$	...	$-\mathbf{v}_N$
$-\mathbf{v}_1$	o	$\mathbf{v}_2-\mathbf{v}_1$	...	$\mathbf{v}_N-\mathbf{v}_1$	$-2\mathbf{v}_1$	$-(\mathbf{v}_2+\mathbf{v}_1)$	...	$-(\mathbf{v}_N+\mathbf{v}_1)$
$-\mathbf{v}_2$	$\mathbf{v}_1-\mathbf{v}_2$	o	...	$\mathbf{v}_N-\mathbf{v}_2$	$-(\mathbf{v}_1+\mathbf{v}_2)$	$-2\mathbf{v}_2$	...	$-(\mathbf{v}_N+\mathbf{v}_2)$
.....	....	....	...	.	....	....	...	....
$-\mathbf{v}_N$	$\mathbf{v}_1-\mathbf{v}_N$	$\mathbf{v}_2-\mathbf{v}_N$	...	o	$-(\mathbf{v}_1+\mathbf{v}_N)$	$-(\mathbf{v}_2+\mathbf{v}_N)$	...	$-2\mathbf{v}_N$
$\mathbf{v}_1$	$2\mathbf{v}_1$	$\mathbf{v}_1+\mathbf{v}_2$	...	$\mathbf{v}_1+\mathbf{v}_N$	o	$-(\mathbf{v}_1-\mathbf{v}_2)$	...	$\mathbf{v}_1-\mathbf{v}_N$
$\mathbf{v}_2$	$\mathbf{v}_2+\mathbf{v}_1$	$2\mathbf{v}_2$	...	$\mathbf{v}_2+\mathbf{v}_N$	$\mathbf{v}_2-\mathbf{v}_1$	o	...	$\mathbf{v}_2-\mathbf{v}_N$
..	....	....	...	.....	....	....	...	.
$\mathbf{v}_N$	$\mathbf{v}_N+\mathbf{v}_1$	$\mathbf{v}_N+\mathbf{v}_2$	...	$2\mathbf{v}_N$	$\mathbf{v}_N-\mathbf{v}_1$	$\mathbf{v}_N-\mathbf{v}_2$	...	o

Certains vecteurs (au nombre de $4N^2-2N$) sont répétés deux fois, tandis que d'autres (au nombre de $2N$) ne le sont qu'une seule fois. La déduction de la structure est différente selon le vecteur qui est choisi pour calculer les différences vectorielles. Si l'on emploie un vecteur qui se trouve une fois sur le tableau (par exp. $2\mathbf{v}_2$), on trouve directement la structure (Clastre et Gay). (Les vecteurs de la ligne qui passe par $2\mathbf{v}_2$ étant les mêmes que ceux de la colonne qui passe également par $2\mathbf{v}_2$.) Si nous choisissons pour déduire la transformée réduite un vecteur tel que $\mathbf{v}_1-\mathbf{v}_2$ qui se trouve deux fois sur le tableau, la transformée aura $4N-2$ pseudoatomes. Le passage de la transformée réduite à la structure peut être fait par deux chemins différents :

1° Avec un vecteur tel que $2\mathbf{v}_1$ qui est présent une seule fois on obtient la structure;

2° Avec un vecteur qui se trouve deux fois sur le tableau (p. exp. $\mathbf{v}_1-\mathbf{v}_N$) on sépare les vecteurs qui définissent la structure *plus un atome parasite* (donné dans notre cas par le vecteur $\mathbf{v}_2-\mathbf{v}_N$).

L'existence de vecteurs interatomiques équipollents peut donc faire apparaître des *atomes parasites* dans la structure déduite. Pour connaître celle-ci, il faut savoir les éliminer.

Si l'on calcule les différences vectorielles entre les vecteurs sélectionnés lors de la deuxième transformation et le vecteur qui définit un atome parasite, on obtient des différences qui, en général, ne sont pas des vecteurs de la transformée. Les coïncidences qui peuvent se produire définissent une structure sans aucun rapport, en nombre d'atomes, symétrie et transformée de Patterson avec la structure cherchée. Par contre une troisième transformation par différences vectorielles en prenant un vecteur qui définit un atome de la structure fait en général disparaître les atomes parasites. Si après cette troisième transformation on a encore des atomes parasites il faudrait faire une quatrième transformation et ainsi de suite.

GÉOLOGIE. — *Sur les migmatites de la plaine des Zenaga (Région de Tazenakht, Maroc).* Note de MM. **Georges Choubert** et **Philippe Morin**, présentée par M. Paul Fallot.

Le problème des gneiss et des zones d'injection dans les micaschistes de la plaine des Zenaga a déjà attiré l'attention de J. Bondon (1) et L. Neltner (2). Un peu plus tard (1936-1937), l'un de nous (G. Ch.) a également observé les mêmes phénomènes, mais s'est attaché surtout à l'étude des granites de cette région. Ces granites se répartissent entre deux venues (3) dont l'une, plus ancienne (*venue d'Azguemerzi*), a donné des granites sombres, localement porphyroïdes, l'autre, plus récente (*venue de Tazenakht*), des granites leucocrates à mica blanc, prenant souvent une structure granulitique. Ces deux venues caractérisent l'avant-dernière chaîne précambrienne dont le matériel sédimentaire appelé *Précambrien I* ou *série des Zenaga* est formé de micaschistes (à séricite, à muscovite ou à chlorite) passant à des schistes feldspathisés ou à des gneiss d'injection.

A Taghdout (bordure nord de la plaine), ces formations sont recouvertes en discordance indubitable par le *Précambrien II* (4), ce qui ne laisse aucun doute sur leur âge ancien.

A Timgharghine, dans la partie sud de la plaine, le granite de l'Adrar (venue de Tazenakht) a émis une série de lentilles de pegmatites à muscovite, connues dès avant 1936. Leur exploitation a donné lieu à des études nouvelles à partir de 1946 (Ph. Morin en compagnie de J. Bouladon, G. Jouravsky, F. Permingeat et E. Raguin). Au cours d'une tournée récente, nous avons cherché à coordonner les observations antérieures. Cette étude est rendue difficile par le très large développement des formations quaternaires.

Il semble que l'on puisse distinguer trois groupes d'injections dans la série des micaschistes de cette région.

1° Le groupe le plus récent est formé d'injections granitiques, aplitiques ou pegmatitiques pouvant former des filonnets, filons ou lentilles de quelques centimètres à plusieurs mètres de largeur. On peut les rencontrer dans toutes les formations antérieures à la venue granitique leucocrate. Le long de la bordure sud de la plaine, entre le Tizi n'Haroun et le Tizi Msouf (4^{km}), où la série des micaschistes prend un aspect de gneiss rubanés, ils s'injectent parallèlement à ceux-ci. En outre, on observe une nette augmentation de ces injections en s'approchant du granite leucocrate de Tizi Msouf. Cette série d'injections,

---

(1) *C. R. S. Soc. Géol. Fr.*, n° 8, 1935, p. 116-118.

(2) *Notes et Mém. Serv. Mines et Carte Géol. Maroc*, n° 42, 1935.

(3) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 289-291 et 221, 1945, p. 249-251.

(4) *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 561-563.

dont certains faciès peuvent être assimilés aux diadysites, est donc liée à la venue de Tazenakht.

Cependant certains massifs de cette venue (Massif de l'Adrar) se présentent sous forme de granites circonscrits et discordants, et, dans ce cas, ne donnent que de grosses injections filoniennes (aplitiques ou pegmatitiques) localisées à leur bordure. Les lentilles de pegmatites à muscovite et béryl sont en liaison avec des massifs de ce genre.

2° Le deuxième groupe d'injections est caractérisé par un apport quartzo-feldspathique intense. Dans la même région du Tizi Msouf, il se traduit par des faciès de gneiss d'injection rubanés, non plissotés, qui ont frappé les premiers observateurs. Par contre dans la partie occidentale de la plaine (Aggouines, Kourkouda) apparaissent des plis ptygmatiques et, localement, même des faciès nébulitiques. Les migmatites de ce groupe s'étendent dans toute la partie sud et ouest de la plaine, soit sur un arc de cercle de 50^{km}. Elles s'observent en particulier au voisinage des petits massifs de granite d'Azguemerzi (Souk Tleta de Tamarouft, Issil, Tinlif, Aggouines), de sorte que leur liaison avec cette première venue est vraisemblable.

Cependant le principal massif d'Azguemerzi, qui s'étale très largement dans toute la partie centrale et orientale de la plaine, ne présente pratiquement pas d'injection à son contact. Il est intrusif dans les séricitoschistes d'une vaste zone, au Nord de la ligne Tiouïne-Tamarouft, caractérisée par l'absence de migmatites en général.

3° Au Sud de la même ligne, aux environs de la mine de mica de Timgharghine, on observe une série d'injections différentes, formée principalement de gneiss d'imbibition du type embréchitique passant aux nébulites et caractérisée par un apport surtout feldspathique (oligoclase-andésine) pouvant atteindre 40 à 60 % de la roche. Cet apport se fait en lits très fins, ou en filets interstratifiés, d'une façon capricieuse et discontinue et le passage aux micaschistes se réalise de façon insensible.

La zone affectée par ce troisième groupe d'injections semble être indépendante des granites précités. Le granite de Tazenakht y développe toutefois des minéraux de néoformation (oligiste, muscovite).

Conclusions. — Si la liaison du premier groupe d'injections avec la venue granitique leucocrate est confirmée par l'identité de leur faciès, le rattachement du deuxième groupe à la venue d'Azguemerzi est déjà moins certain, car l'apport quartzo-feldspathique y est moins individualisé. Enfin pour le troisième groupe de migmatites, la dispersion de l'apport est telle qu'il est impossible d'y reconnaître le granite générateur : la question de l'antériorité de cette série aux granites connus est de ce fait posée.

Nous soulignerons dès à présent qu'on ne peut distinguer dans les migmatites de la plaine des Zenaga des zones d'isométamorphisme, ni de granite d'anatexie et que les faciès de gneiss à cordiérite ou à sillimanite y sont totalement inconnus.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le noyau dans le sporogone et au cours de la division hétérotypique dans le genre* Mnium *et en particulier chez* M. undulatum *L.* Note de M. **Claude Hamant**, présentée par M. Raoul Combes.

Les noyaux du sporophyte sont du type réticulé à chromocentres. Ils renferment deux gros chromocentres, restes des chromosomes sexuels hétéropycnotiques. Le nucléole est uni au réseau par des trabécules chromatiques et subit en prophase réductionnelle des déformations ou fragmentations. Il y a une contraction synizésique et six gemini chez *M. undulatum* et *M. hornum*, 6 + 1 chez *M. punctatum*.

La taille et la forme des noyaux dans le sporogone sont très variables : les plus volumineux se rencontrent dans les cellules du sac sporifère et dans celles de la columelle, où ils sont lenticulaires et où ils peuvent atteindre un diamètre de 15$^{\mu}$ sur une épaisseur moitié moindre. Structuralement, ces noyaux se rattachent au type chromocentrique qui paraît la règle chez les Mousses, ainsi que l'a fait remarquer Nardi (1); un réseau très fin, appliqué contre la membrane nucléaire, supporte de nombreux chromocentres, de taille irrégulière, et deux grosses granulations, souvent séparées et à peu près sphériques, plus rarement accolées, voire même coalescentes et constituant alors un volumineux corpuscule de forme très irrégulière et déchiqueté sur ses bords qui se rattachent au réseau. Ces *macrochromocentres* correspondent aux zones hétéropycnotiques des chromosomes sexuels.

Tout cet ensemble est Feulgen-positif. Le nucléole est ovoïde et isolé dans la caryolymphe; il supporte, appliqués contre sa surface externe, deux ou trois granules, qui se colorent, par la réaction de Feulgen, de façon plus pâle que les chromocentres de même taille qu'eux, et qui sont unis chacun au réseau général par un trabécule plus ou moins ténu et lui aussi Feulgen-positif. Ces trabécules sont bien visibles dans les gros noyaux du sac sporifère. Les granulations chromatiques nucléolaires sont de petite taille (1$^{\mu}$); elles peuvent fusionner, mais elles sont toujours à l'extérieur du nucléole, et elles paraissent correspondre, sous une forme plus réduite, aux *Chromatinpartikeln* figurées par Milovidov (2) dans les noyaux gamétophytiques de *Fontinalis antipyretica*. Elles permettent d'envisager la présence d'au moins un chromosome nucléoligène. Ce schéma a une valeur générale et il se retrouve, à peine modifié dans le détail par des particularités tissulaires ou spécifiques (nombre et taille des macrochromocentres, densité et chromaticité générales du réseau), chez *Mnium punctatum, M. hornum* et *M. rostratum*.

Les cellules-mères des spores s'édifient à la suite de 4 à 5 divisions d'une cellule de l'archéspore. Ces divisions se succèdent sans phase de quiescence, ce qui peut expliquer la très faible teneur en chromatine des noyaux des

(1) *Comptes rendus Soc. Biol.*, 113, 1933, p. 263.
(2) *Planta*, 31, 1940, p. 60-72.

cellules-mères au début de la prophase hétérotypique. A ce moment, chez *M. undulatum*, le noyau est sphérique ou faiblement ovoïde; il a un diamètre de 8-9$^{\mu}$ et renferme un nucléole d'environ 3$^{\mu}$, souvent excentrique, mais uni aux filaments chromatiques par de fin trabécules, dont la base granulaire, peu distincte au début de la prophase, le redevient progressivement ensuite. Les filaments chromatiques, très faiblement Feulgen-positifs, et où les macrochromocentres sont difficilement décelables, restent appliqués contre la membrane nucléaire et dessinent, par leur entrecroisement, quelques grandes mailles irrégulières qui présentent une certaine tendance à se rassembler contre la face interne d'un des hémisphères du noyau; cette tendance des filaments leptotènes s'accentue progressivement jusqu'à la constitution d'un peloton très dense, aggloméré entre la membrane nucléaire, contre laquelle il s'étale, et le nucléole auquel l'unissent un ou deux trabécules fixés sur les granulations nucléolaires redevenues chromatiques; deux ou trois boucles ou filaments flexueux, qui ne se sont pas inclus au peloton synizésique, pendent dans le caryoplasme. Durant toute cette période, la chromaticité des filaments leptotènes augmente régulièrement. Le nucléole est, durant cette même période, le siège d'une intense activité : il perd sa forme sphérique pour devenir ovoïde ou lenticulaire; il lui arrive de s'étrangler en 8 ou en trèfle, de se fragmenter en deux parties égales, ou de bourgeonner un micronucléole susceptible d'être expulsé dans le caryoplasme.

Le micronucléole, suivant l'endroit où il apparaît sur le nucléole, reste adhérent à un filament chromatique ou est entièrement libre dans l'enchylème. La contraction synizésique s'observe sur le vivant et après l'action des fixateurs les plus divers, d'une manière constante, chez *M. undulatum*, *M. punctatum*, *M. hornum*, au cours du stade leptotène; nous la tenons, quoi qu'on en ait dit, pour un phénomène caractéristique de la prophase hétérotypique commençante. C'est aussi un stade d'évolution lente qui se rencontre longtemps dans les préparations. Il faut remarquer, à ce propos, que toutes les cellules-mères d'un même sporogone sont sensiblement au même stade; seules celles qui sont voisines du col manifestent un léger retard, fort précieux dans certains cas douteux pour établir la chronologie des figures. Le relâchement du peloton dégage ensuite progressivement les éléments appariés et fortement spiralés du zygonema, puis le reste de la prophase se développe suivant des figures qui rappelle étonnamment celles qui ont été souvent décrites à propos des noyaux réticulés chromocentriques des phanérogames. La diacinèse voit la réduction puis la disparition, souvent tardive du nucléole, la disparition de la membrane nucléaire et la formation de gemini épais et courts. Ceux-ci sont au nombre de six et peu inégaux chez *M. undulatum* et chez *M. hornum*. *M. punctatum*, par contre, possède 6 + 1 bivalents; l'un d'eux, très petit, résulte de l'union de deux hétérochromosomes : un chromosome en forme de 8 provient du gamétophyte femelle, l'autre, en goutte, appartient à l'idiogramme paternel.

PHYSIOLOGIE. — *Influence immédiate de quelques extraits glandulaires et de quelques hormones sur l'équilibre acido-basique de l'organisme.* Note de M. **Paul Chauchard**, M[me] **Henriette Mazoué** et M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous n'avons pas à rappeler ici les processus intimes de l'organisme continuellement mis en œuvre, pour la protection d'un équilibre acido-basique, toujours précaire, dont les perturbations sont l'un des éléments essentiels du *terrain* qui favorise l'éclosion des maladies et des infections (1). Déjà nous avons insisté sur le rôle que peuvent jouer les diverses vitamines dans le rétablissement des déviations alcalosiques ou acidosiques (2); nous nous proposons d'examiner ci-après quelle peut être l'influence exercée dans les mêmes conditions par quelques extraits opothérapiques et quelques hormones chimiquement définies.

Pour ce faire, nous avons utilisé la technique de l'injection préalable qui, déjà, nous avait servi à étudier les différents modes d'action des thérapeutiques antialcooliques (3), puis les antagonismes et synergies des vitamines du complexe B (4), dont les réponses nous sont apparues toujours pertinentes. Cette technique consiste, très simplement, à injecter par voie intrapéritonéale ou sous-cutanée à des Rats blancs adultes ou préadultes une substance déterminée, en l'espèce 2cg,5 de chlorure d'ammonium (sel acidogène) ou 1cg,25 de bicarbonate de sodium (sel alcalogène), puis trois quarts d'heure à une heure plus tard, à injecter en second, alors que les troubles chronaximétriques causés par la première substance ont disparu, un extrait glandulaire ou une solution d'hormone dont les effets nerveux se trouvent majorés, ou peu modifiés, ou totalement inhibés. Dans ce dernier cas, on dit qu'il y a antagonisme.

Injectée après un sel acidogène, la substance neutralisée est antiacide ou alcalosique. Inversement, après un sel alcalogène, la substance neutralisée est dite antialcaline ou acidosique. Ces mesures chronaximétriques sont pratiquées par la méthode percutanée sur les nerfs extenseurs et fléchisseurs des orteils.

Corollairement aux injections acidogènes ou alcalogènes précédemment décrites, nous avons injecté : 5cg d'extrait antéhypophysaire, 5 unités d'extrait

---

(1) R. Lecoq, *Rev. intern. Vitaminol.*, 21, 1949, p. 162.

(2) R. Lecoq, P. Chauchard et H. Mazoué, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **28**, 1946, p. 595; **30**, 1948, p. 306.

(3) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 1550,

(4) *Association des physiologistes*, Bordeaux, 1950, et *Acad. de Pharmacie*, séance du 5 juillet 1950.

posthypophysaire; 5cg d'extrait thymique; 5 unités d'hormone parathyroïdienne; 5mg de liphormone (hormone lipocaïque); 5mg de vagotonine; 10 unités d'insuline; 20γ de thyroxine; 5mg de dihydrofolliculine; 2mg,5 de progestérone et 2mg,5 de testostérone.

Se sont révélées comme antiacides, les injections d'antéhypophyse, d'hormone parathyroïdienne, d'hormone lipocaïque, de vagotonine, d'insuline et de dihydrofolliculine.

Par contre, sont apparues comme antialcalines : la posthypophyse, le thymus, la thyroxine, la désoxicorticostérone, la testostérone et la progestérone.

Ces résultats cadrent tout à fait avec les observations antérieures de l'un de nous obtenues en injectant des extraits opothérapiques ou des hormones dans la veine marginale du Lapin et portant sur les modifications de la réserve alcaline (5). Les réactions acidosiques, nettement assurées pendant les huit premières heures, disparaissent toutefois plus ou moins rapidement ensuite, en raison de l'injection unique et de la voie choisie.

Les deux tableaux ainsi dressés sembleront à beaucoup incomplets, car il reste de nombreux extraits glandulaires ou hormones capables d'agir dans un sens ou dans l'autre. Nous croyons cependant utile de les publier, car nous trouvons en opposition des substances, qui passent pour exercer des actions métaboliques comparables (antéhypophyse et cortine, par exemple), mais dont les comportements peuvent être différents vis-à-vis de certains lipides, de certaines vitamines ou de certains acides aminés. Ces faits étant précisés, nous aurons occasion d'y revenir dans des mémoires plus développés.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur le rôle du diamètre pupillaire et des images entoptiques dans la perception des détails.* Note (*) de M. **Albert Arnulf**, Mlles **Odette Dupuy** et **Françoise Flamant**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous avons montré autrefois (1) que la limite de perception spécifique de l'œil en vision fovéale diurne atteint un minimum pour un diamètre pupillaire voisin de 0mm,7, lorsqu'on opère sur un objet de *luminance constante*. Des mesures récentes (2) effectuées en lumière monochromatique sur des mires de Foucault, indiquent que ce minimum est fortement déplacé lorsqu'on opère à *éclairement rétinien constant*, et se situe vers 0mm,2.

---

(5) R. Lecoq, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 164, 166, 1316, 1318 et 1320.

(*) Séance du 17 juillet 1950.

(1) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 52.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1791.

Nous avons cherché à étendre ces résultats en opérant sur trois tests différents, mires de Foucault, lignes isolées et disques circulaires isolés, plus sombres que le fond. On a opéré en lumière blanche de température de couleur voisine de 2900°K, avec une luminance apparente constante du fond, égale à 3 nits. Les diamètres pupillaires utilisés ont varié de 0,8 à $0^{mm},14$, et les contrastes de 1 à 0,05. Les mesures ont été faites, soit dans les conditions de vision normales, soit en éliminant les images entoptiques par l'emploi d'une pupille tournante ([3]). Les résultats, relatifs à un seul observateur, sont les suivants.

Mires de Foucault et disques. — La limite spécifique de perception décroît linéairement en fonction du diamètre pupillaire, ω, à partir de $\omega = 0^{mm},8$, puis passe par un minimum situé pour tous les contrastes aux environs immédiats de $0^{mm},2$, lorsqu'on emploie la pupille tournante. Si la pupille est fixe, la position du minimum se déplace aux environs de $0^{mm},25$ pour les disques, un peu moins pour les mires de Foucault.

Lignes. — Pour une pupille fixe et le contraste 1, la limite spécifique reste sensiblement constante de 0,8 à $0^{mm},3$, puis croît de plus en plus rapidement au-dessous de cette valeur. Pour les contrastes 0,1 et 0,05, la croissance de la limite s'amorce au-dessous de 0,6 et $0^{mm},8$ respectivement. Pour la pupille tournante et les contrastes 1 et 0,1, la forme de la courbe reste la même, avec des valeurs plus petites de la limite et une fin de palier reportée vers $\omega = 0^{mm},3$. Par contre, pour un contraste 0,05, on obtient un minimum très accusé pour $\omega = 0^{mm},25$.

Nous donnons ci-dessous, pour les diamètres pupillaires optimums, les valeurs des facteurs par lesquels l'emploi de la pupille tournante multiplie les limites de perception relatives à la pupille fixe.

Contrastes	1.	0,1.	0,05.
Mires ($\omega = 0^{mm},18$)	1	0,91	0,77
Disque ($\omega = 0^{mm},18$)	0,72	0,67	0,59
Ligne ($\omega = 0^{mm},22$)	0,67	0,65	0,53

Les contrastes inférieurs à 0,05 ne sont pratiquement pas perçus si la pupille est immobile, la pupille tournante permet d'atteindre 0,02. L'échelonnement des chiffres précédents est en accord qualitatif avec la forme des distributions d'éclairement rétiniennes produites par les tests considérés.

Il résulte de ce qui précède que, sauf pour les lignes de contrastes forts, l'augmentation du grossissement d'un instrument, à éclairement rétinien constant, diminue progressivement sa limite de perception jusqu'à ce que le

([3]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1057.

diamètre pupillaire optimum de 0mm,2 soit atteint. Ceci indique que l'amélioration du contraste de l'image oculaire due à la diaphragmation de l'œil, qui supprime les aberrations et élimine l'effet de la structure discontinue de la rétine et des fluctuations d'accommodation, l'emporte sur l'élévation du seuil de contraste produite par la diaphragmation pupillaire.

L'emploi de la pupille tournante améliore considérablement la perception des contrastes faibles. C'est ainsi que des diatomées, observées avec pupille fixe sous la forme de plages uniformes à l'intérieur de leur contour, révèlent leurs stries et bien d'autres détails lorsque la pupille tourne.

Signalons enfin que la mise au point des images obtenues avec la pupille tournante est beaucoup plus difficile que dans le cas des plages photométriques, lorsque le diamètre pupillaire n'est pas petit. Un appareil beaucoup plus précis que celui dont nous disposons devra être étudié.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur l'énergie de combinaison des isohémagglutinines avec les groupes agglutinogènes des stromas.* Note de Mlle **Stamatia Mavridès**, présentée par M. Robert Courrier.

On sait maintenant obtenir des données énergétiques sur la combinaison des agglutinines avec les groupes agglutinogènes des hématies (1).

La méthode consiste essentiellement à porter en ordonnées l'inverse de la quantité d'agglutinine fixée, par hématie, et en abscisses l'inverse de la concentration (A) de l'agglutinine restée en solution une fois qu'un équilibre a été atteint. La pente de la droite obtenue est proportionnelle à $1/m\text{K}$ où m est le nombre des groupes agglutinogènes par hématie et K la constante d'équilibre entre l'agglutinine et ces groupes supposés indépendants.

J'ai cherché s'il y avait une influence de la disposition des groupes agglutinogènes à la surface des hématies sur les valeurs énergétiques correspondant à la combinaison de ces groupes avec l'agglutinine. Pour cela, j'ai étudié, par la méthode indiquée, les équilibres qui s'établissent entre l'agglutinine des sérums et les stromas.

Pour obtenir une suspension de stromas reproductible et aussi dépourvue que possible d'hémoglobine, j'ai utilisé la méthode d'hémolyse de G. Boehm (2). La préparation est quantitative, comme cela a été observé par de nombreux auteurs (3).

(1) R. Wurmser et S. Filitti-Wurmser, *Biochimica et Biophysica Acta*, 4, 1950, p. 238-243.

(2) *Biochem. Zeits.*, 282, 1935, p. 32.

(3) Belkin and Wiener, *Proc. Soc. expt. Biol. Med.*, 56, 1944, p. 214.

En agitant des stromas à 37° et 25° dans un tampon physiologique, une certaine quantité de protéines passe en solution, ce que l'on peut mettre en évidence par un microdosage d'azote (micro-Kjeldahl) ou par l'observation du spectre d'absorption de la solution dans l'ultraviolet. Mais on s'est assuré qu'il n'y a pas, parmi elles, de traces d'agglutinogène.

Connaissant le nombre d'hématies par millimètre cube contenues dans la suspension de départ, j'ai obtenu, par dilution, des suspensions équivalant à un nombre bien déterminé d'hématies.

Lorsque l'équilibre de la fixation d'agglutinine par les stromas est atteint, on élimine ceux-ci par centrifugation et l'on détermine la concentration (A) d'agglutinine présente dans le liquide surnageant, selon la méthode habituelle ([4]).

Connaissant la quantité d'agglutinine totale, contenue dans un sérum (par le nombre maximum d'hématies que ce sérum peut agglutiner à 4°), la concentration (A) de l'agglutinine libre, et l'équivalent-hématies par millimètre cube de suspension de stromas, on en déduit $1/A_f$, A_f étant la quantité d'agglutinine fixée par stroma.

Le tableau ci-dessous donne les résultats expérimentaux obtenus avec diverses préparations provenant d'hématies humaines du groupe B mises en présence de sérums humains du groupe A.

Groupes des sérums.	Pentes à 37°.	Pentes à 25°.	$\frac{K_{25}}{K_{37}}$.	$-\Delta H$ (Calories).
A_1O	0,84 ± 0,16	0,24 ± 0,07		
	0,81 ± 0,13	0,32 ± 0,07	2,82	16 000
	0,92 ± 0,01	0,35 ± 0,04		
A_2	0,19 ± 0,04	0,09 ± 0,01	2,13	11 600

La valeur absolue des pentes des droites est environ deux fois plus petite que celles obtenues avec les hématies ([4]), c'est-à-dire que le produit mK est deux fois plus grand. Il y a donc soit une libération de groupes agglutinogènes masqués dans les hématies, soit une variation d'entropie résultant des modifications introduites par la préparation du stroma.

Par contre les valeurs de l'enthalpie ΔH ainsi trouvées, — 16000 et — 11600 calories, sont extrêmement voisines de celles obtenues avec les hématies, soit respectivement pour les groupes A_1O et A_2O, — 17 000 et — 11 500 calories ([4]).

([4]) S. FILITTI-WURMSER, Y. JACQUOT-ARMAND, R. WURMSER, *J. Ch. Phys.*, 47, 1950, p. 419-431.

On peut donc conclure que ni la nature ni le nombre des liaisons qui s'établissent dans la combinaison d'une molécule d'agglutinine avec un groupe agglutinogène ne sont sensiblement différents lorsque ce groupe provient d'une suspension de stromas au lieu d'être disposé à la surface d'une hématie.

BIOPHYSIQUE. — *Action des savons sur le bacille de Koch : Facteurs physico-chimiques.* Note (*) de Mme **Denise Luzzati**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

On étudie au tensiomètre de mouillage l'adsorption de divers savons en solution aqueuse (pH 7,2) sur la cire extraite du B. K. L'adsorbabilité sur la cire diffère de l'adsorbabilité à la surface libre (série aliphatique : maximum pour C_{14}). Les savons qui s'adsorbent le mieux sur la cire (oléate, ricinoléate, chaulmoograte) sont connus comme étant les plus actifs sur le B. K.

Le présent travail a pour objet d'étudier les conditions de l'adsorption de certains savons sur la cire extraite du bacille de Koch, et de relier le pouvoir bactéricide (ou bactériostatique) de ces corps avec leurs propriétés physico-chimiques.

On a vérifié au préalable que la cire isolée du bacille présentait les mêmes caractéristiques tinctorielles que le bacille lui-même. Par ailleurs le caractère de coque hydrophobe de la cire du bacille est montré par son agglutination en amas en milieu aqueux; par la flottation du bacille (¹); par la facilité d'extraction de la cire par l'acétone, qui laisse les bacilles encore vivants, mais non virulents (²).

L'adsorbabilité de solutions aqueuses de savons a été étudiée par la méthode tensiométrique de J. Guastalla (³). Une lame solide, imparfaitement mouillable, est plongée dans l'eau ou une solution aqueuse. A partir d'une certaine profondeur, la force F à laquelle la lame est soumise devient constante. La tension d'adhésion entre la surface du solide et celle du liquide est égale à : $\tau = F/\varpi$ dynes/cm (ϖ = périmètre de la lame). Si l'on compare la tension d'adhésion τ_0 d'un solide pour l'eau pure, et la tension d'adhésion τ_s pour une solution diluée d'un corps adsorbable on a : $\tau_s - \tau_0 = p_i$. Cette grandeur p_i, analogue à une pression superficielle, est la pression à l'interface liquide-solide. (Elle

(*) Séance du 17 juillet 1950.

(¹) A. Dognon et A. Dumont, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 884; L. Gougerot, *Bull. Soc. Hop. Paris*, 19-20, 1945, p. 257.

(²) H. Bloch, *Am. Rev. Tub.*, 61, 1950, p. 271.

(³) J. et L. Guastalla, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2054.

représente approximativement, l'énergie libre d'absorption du corps en solution sur 1$^{cm^2}$ de surface solide) ([4]).

Les expériences consistent à mesurer, à l'aide d'un tensiomètre à deux fils de torsion, la tension superficielle γ et la tension d'adhésion τ, d'une lame enduite de cire du B. K., pour le solvant pur et des solutions de savon à différentes concentrations. D'où pour chaque cas : $p = \gamma_0 - \gamma_s$ et $p_i = \tau_s - \tau_0$.

La figure (1) représente les pressions interfaciales, en fonction des concentrations des solutions (pH 7,2; tampons phosphates M/45) des savons de Na des acides caprique, laurique, myristique, palmitique, oléique, ricinoléique

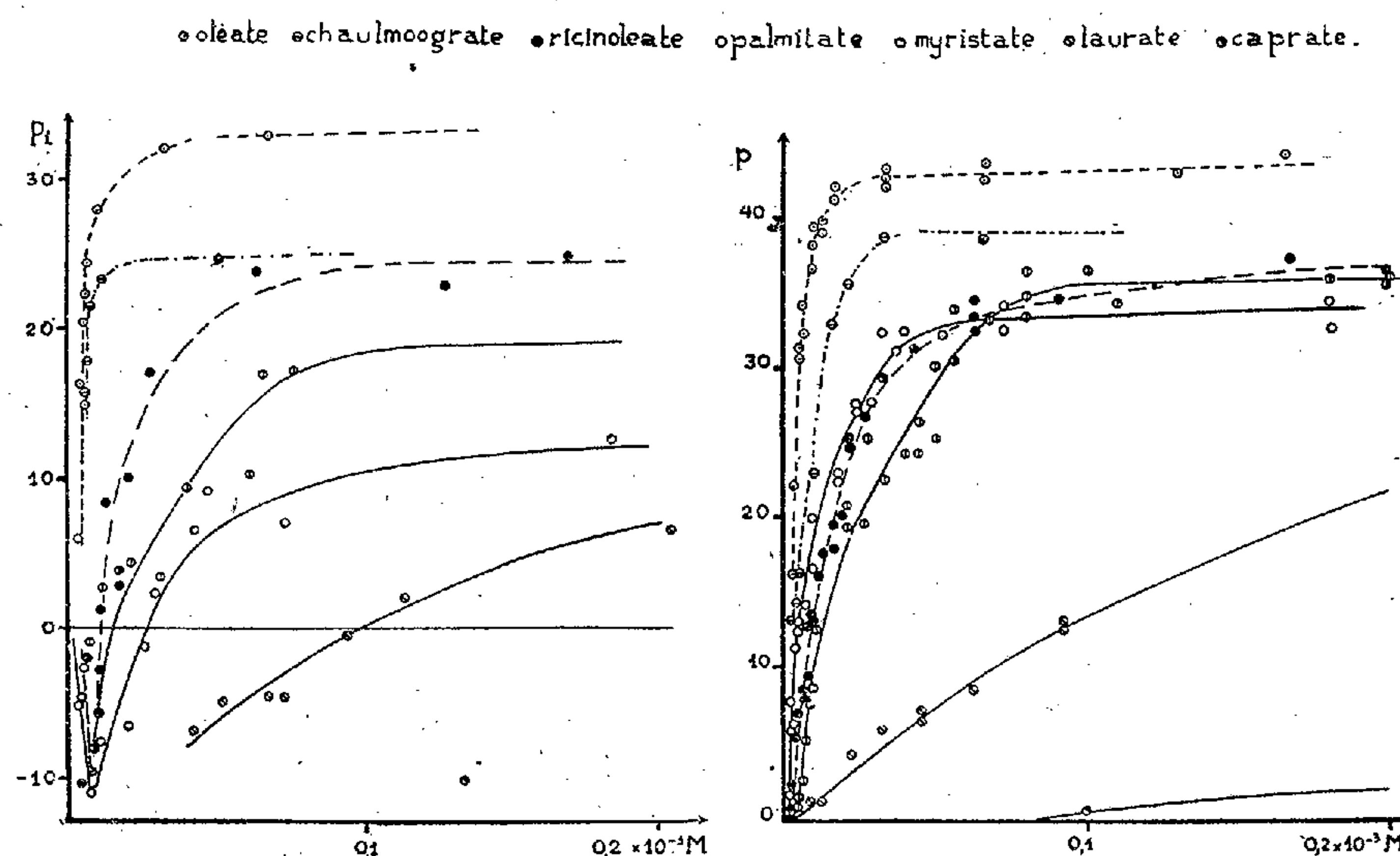


Fig. 1.

Fig. 2.

et chaulmoogrique et de la cire du B. K. Les corps étudiés peuvent être classés en fonction de leur pression interfaciale pour des solutions de concentration donnée. A la concentration de 0,05 × 10⁻³ M, par exemple, on a le classement suivant :

Oléate	33 dynes/cm	Palmitate.......	6 dynes/cm
Chaulmoograte..	27 »	Laurate	— 5 »
Ricinoléate	21 »	Caprate........	— 10 »
Myristate.......	13 »		

Ce classement est à rapprocher du classement du pouvoir bactériostatique

([4]) J. GUASTALLA, L. GUASTALLA, D. LUZZATI, R. ROSANO et L. M. SHARAGA, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 220.

de ces corps : les savons des acides oléiques, chaulmoogrique et ricinoléique sont connus comme étant parmi les plus actifs sur le B. K. ([5]).

L'étude des p_i pour des lames enduites de paraffine, à partir des mêmes solutions, conduit à des résultats assez analogues : on retrouve le même classement, avec un maximum pour C_{14}, dans la série aliphatique; toutefois, on ne note pas de valeurs négatives de p_i.

La figure 2 représente les pressions superficielles p des mêmes solutions en fonction de la concentration. Il est intéressant de comparer les deux figures : pour les savons de la série aliphatique, la tensioactivité augmente constamment avec la longueur de la chaîne, dans la région de concentrations moléculaires, alors que l'adsorbabilité sur la cire passe par un maximum pour C_{14}.

Cette constatation est à rapprocher des résultats obtenus par Adams ([6]), qui a montré que l'action bactéricide de séries homologues de savons d'acides gras ramifiés ou cycliques, pour le bacille de Hansen, passait par un maximum lorsqu'on atteignait certaine longueur de chaîne (C_{16} ou C_{18}, suivant la série). De même, Mc Nally a signalé un maximum en C_{14} dans l'activité biologique des acides succiniques mono et disubstitués ([7]).

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur l'activité* in vitro *de la néomycine en milieu synthétique. Comparaison avec la streptomycine.* Note (*) de M. **Louis Ziéglé**, présentée par M. Joseph Magrou.

Alors qu'en milieu peptoné, la NM (chlorhydrate) est sensiblement plus active que la SM (Base) sur *K. pneumoniæ*, en milieu synthétique, l'activité rapportée au poids est sensiblement la même.

L'action sur les populations bactériennes en croissance est comparable, l'influence de la masse de l'inoculum également, mais la NM a un pouvoir bactéricide plus élevé.

La néomycine (NM), nom abrégé du *complexe néomycine* isolé par S. A. Waksman et H. Lechevalier, possède un spectre anti-bactérien apparenté à celui de la streptomycine (SM) ([1]). La présente Note compare, par la méthode turbidimétrique, les actions quantitatives *in vitro* des deux antibiotiques sur une souche de *Klebsiella pneumoniæ*. Le lot utilisé ([2]) titre 200 u/mg avec l'unité définie par E. Swart, D. Hutchison et S. A. Waksman ([3]) sur *Escherichia Coli*.

([5]) R. Dubos, *J. Exp. Med.*, 85, 1947, p. 9; I. Malek et J. Malková, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 1047.

([6]) R. Adams et W. M. Stanley, *J. of Pharm. and Ther.*, 45, 1932, p. 121.

([7]) Mc Nally, *Brit. J. of Exp. Path.*, 28, 1947, p. 161.

(*) Séance du 17 juillet 1950.

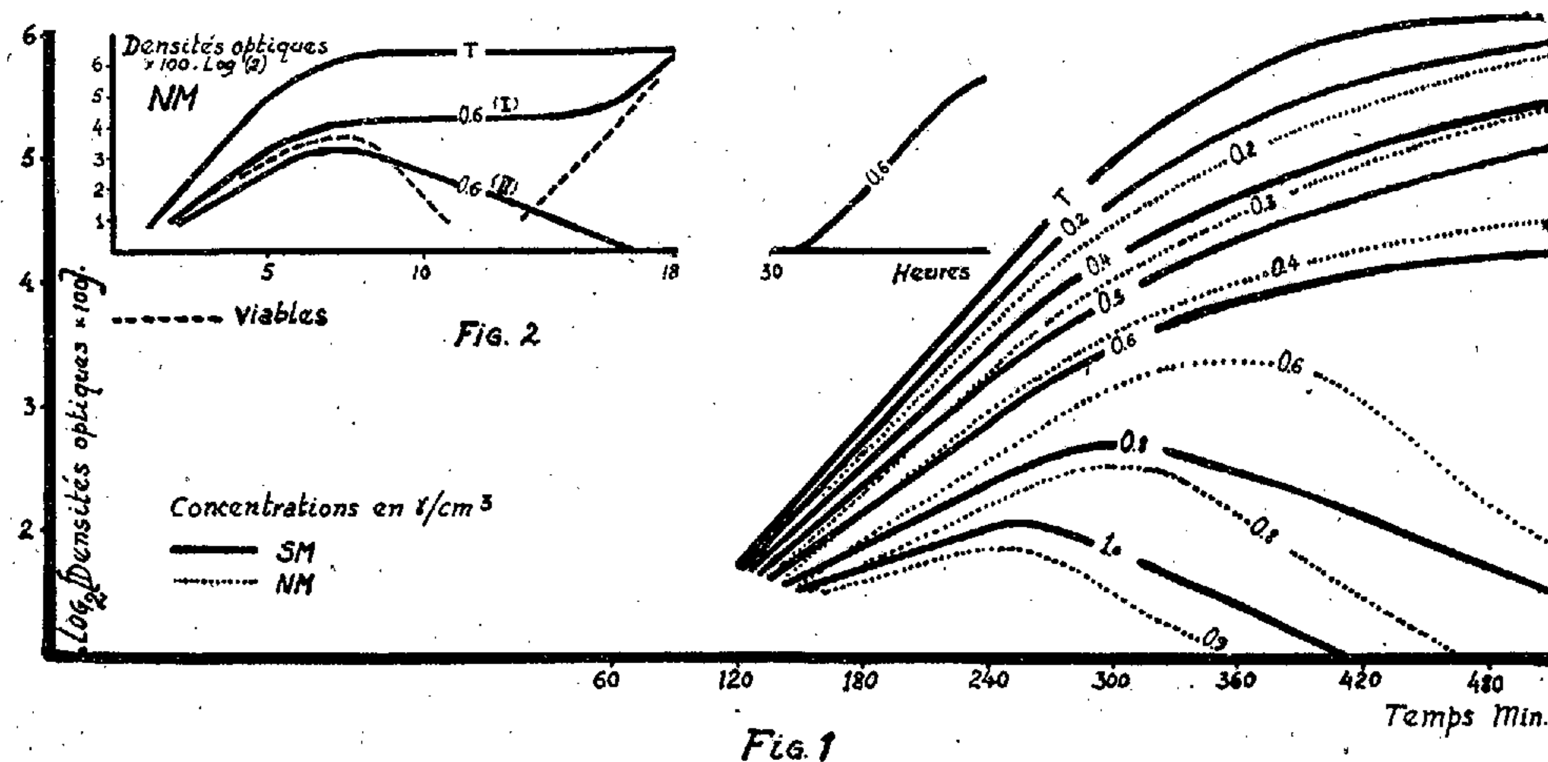
([1]) *J. of Clin. Investig.*, 38, 1949, p. 934-939.

([2]) *Heyden* L. E. 251.

([3]) *Arch. Biochem.*, 24, 1949, p. 92-103.

Tous les résultats ont été obtenus en fioles ou tubes *agités* à 37° C. Les précultures sont conduites jusqu'à la densité 0,40 (sous 18^{mm} d'épaisseur et $650^{m\mu}$) correspondant à $120\text{-}140.10^6$ germes viables/cm^3, et au dernier tiers de la phase logarithmique. Les cultures, auxquelles l'antibiotique est ajouté, dès mise en route, sont ensemencées avec $2,4.10^6$ germes/cm^3, répartis dans l'ensemble du milieu avant distribution.

On a comparé, en bouillon peptoné (peptone 20^g; ClNa 5^g; Ext. Liebig 1^g; glucose 2^g; pH 7,4) et en milieu synthétique [$PO_4(NH_4)_2H$ 6^g; PO_4K_2H 1^g; ClNa 5^g; SO_4Mg $0^g,2$; glucose 5^g‰; pH 7,4], les concentrations minimum inhibant complètement la croissance : Bouillon : SM (base) 3,70; NM(HCl) $1^\gamma,20$/cm^3. Milieu synthétique : SM (base) 1,10; NM(HCl) $0^\gamma,90$/cm^3. Le taux de division des témoins est identique dans les deux milieux (1,20 division/heure). *Les inhibiteurs organiques qui, en milieu complexe, diminuent l'activité de la* SM (4), *ont une action peu marquée la* NM.



Action en milieu synthétique (*fig.* 1). — On distingue trois régions :

a. Concentrations faibles : croissance avec diminution du taux *moyen* de division, mais la densité finale atteinte est néanmoins identique à celle du témoin.

b. Concentrations moyennes : croissance puis lyse progressive.

c. Concentrations fortes : diminution du nombre des viables dès contact.

En présence de SM, la région *a* s'étend sur un plus large intervalle de concentration (0 à $0^\gamma,6$/cm^3) qu'en présence de NM. (0 à $0^\gamma,3$/cm^3). Pour cette dernière, dans la région *b*, c'est-à-dire pour des concentrations déterminant finalement la mort de la plupart des germes, la densité maximum est beaucoup plus élevée que pour la SM, la population pouvant atteindre 16.10^6 germes/cm^3.

(4) BERKMAN et al., *J. of Bact.*, 53, 1947, p. 567-574.

L'uniformité de l'inoculum permet de préciser les fluctuations pouvant atteindre la courbe relative à une concentration donnée. Ces fluctuations faibles pour la région *a*, sont considérables dans la zone de concentrations entre *a* et *b*. Elles portent alors sur la densité maximum atteinte et même sur la destinée finale de la population : pour $0^{\gamma},6/cm^3$ de NM (*fig.* 2), on a aussi bien, après un palier assez long, croissance jusqu'à la densité du témoin (courbe I) que lyse progressive (courbe II). Mais, dans ce dernier cas, en prolongeant 12 heures la culture, on obtient une nouvelle croissance mesurable, celle des survivants pouvant se multiplier en présence de l'antibiotique; cette population isolée a, dans les conditions standard d'inoculum, exactement les mêmes courbes de croissance sur milieu synthétique seul ou sur milieu synthétique $+ 0^{\gamma},6/cm^3$ de NM (avec le même taux de division que la souche initiale). Elle est par conséquent *résistante* à $0^{\gamma},6/cm^3$ de NM. La courbe complexe I, avec turbidité stationnaire, mais chute sensible du nombre des viables, est analogue à celle décrite pour divers antibiotiques à action lytique, et s'interprète comme résultant de la croissance précoce d'une population résistante. Les fluctuations sont attribuables à l'hétérogénéité génétique de l'inoculum ou à des mutations spontanées ([5]). Elles sont particulièrement marquées dans les conditions expérimentales utilisées ici, parce que la culture en milieu synthétique impose aux résistants la condition supplémentaire de ne pas être des déficients pour des points importants du métabolisme.

Les résultats sont comparables avec la SM. L'influence de la masse d'inoculum est également parallèle pour les deux antibiotiques et les courbes fluctuent d'autant moins que l'inoculum est plus important :

	SM (γ/cm^3).		NM (γ/cm^3).	
	Limite de la région *a*.	Bactéricide.	Limite de la région *a*.	Bactéricide.
1.10^6 germes/cm³........	–	0,45–0,50	–	0,25–0,30
$2,4.10^6$ »	0,6	1,1	0,3	0,9
8.10^6 »	1,7	5	1,5	4,5

On peut conclure que la NM et la SM ont des actions assez voisines sur les populations en croissance et que les germes à résistance faible peuvent se rencontrer aussi bien avec l'une qu'avec l'autre. La différence entre les courbes résulte simplement de l'action bactéricide beaucoup plus élevée de la NM, action qu'on retrouve aisément au même pH, en *resting bacteria*.

La séance est levée à 15h40m.

R. C.

([5]) Welsch, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 1401-1404.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JUILLET 1950.

PRESIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude du mécanisme d'action du milieu extérieur sur la morphogénèse.* Note de M. **RAOUL COMBES**, M[lle] **JEANNINE CRÉPET**, M. **PAUL BINET** et M[lle] **RENÉE FÉJARD**.

Le fonctionnement physiologique et l'élaboration physicochimique des tissus se montrent aussi sensibles à l'action du milieu extérieur chez les espèces à faibles réactions morphogènes que chez les espèces à fortes réactions morphogènes. La différence entre ces deux types de plantes réside essentiellement dans la sensibilité de la morphogénèse aux variations de composition du milieu intérieur.

Si la notion de variation des formes des organismes sous l'action du milieu extérieur remonte à une époque lointaine, les premières tentatives d'explication du mécanisme biologique de cette variation ne datent guère que de la fin du XVIII[e] siècle; on les trouve chez les précurseurs de Lamarck, notamment chez Diderot, et au début du siècle suivant chez Lamarck lui-même.

On doit à Lamarck d'avoir nettement précisé, en 1809, dans sa *Philosophie zoologique*, un point essentiel de ce mécanisme : le milieu extérieur n'agit pas directement sur la construction des formes, il agit par l'intermédiaire des modifications qu'apportent ses variations dans le fonctionnement physiologique des organismes.

Soixante-dix ans plus tard une notion nouvelle était acquise, tout aussi importante que la précédente ; les biologistes se rendaient compte qu'un rôle capital revenait, dans la modification des formes, à la variation de la constitution chimique des tissus. Cette idée était nettement précisée en 1878 par Rauwenhoff dans son travail sur la vie des plantes à l'obscurité, et Georg Klebs

devait la confirmer un peu plus tard par une démonstration expérimentale. L'existence d'un nouveau maillon était ainsi découverte dans la chaîne d'actions qui relie la variation du milieu extérieur à la variation des formes. Cette chaîne se présentait alors comme composée de trois éléments : variation du milieu extérieur provoquant directement la variation du fonctionnement physiologique; variation du fonctionnement physiologique déterminant la variation de la constitution physicochimique; variation de la constitution physicochimique provoquant la variation des formes.

Ces différentes phases de l'action du milieu ambiant ont fait l'objet d'actives recherches depuis un siècle, et de nombreuses données ont été réunies concernant les divers facteurs externes ainsi que les complexes de facteurs que représentent les milieux naturels. Il est toutefois un aspect du problème sur lequel ces recherches ne nous ont fourni que peu de renseignements, c'est sur les causes des différences considérables qui existent entre les amplitudes de variation morphologique des diverses espèces. En quoi les espèces à faibles réactions morphogènes diffèrent-elles des espèces à fortes réactions morphogènes? Les premières se distinguent-elles des secondes en ce que les trois chaînons du mécanisme : fonctionnement physiologique, construction physicochimique des tissus et morphogénèse, y sont tous plus stables, plus difficiles à ébranler; ou bien les premières diffèrent-elles seulement par la moindre sensibilité de l'un de ces chaînons : fonctionnement physiologique moins sensible aux variations du milieu extérieur, ou bien composition chimique moins profondément modifiée par les variations du fonctionnement physiologique, ou bien enfin morphogénèse réagissant plus faiblement aux variations de la structure chimique. Nous avons cherché des données qui puissent éclairer cette question.

A cet effet, comparant l'action du milieu aquatique à celle du milieu aérien, nous avons cultivé parallèlement dans l'eau et dans l'air deux espèces amphibies, l'une à faibles réactions morphogènes, *Lysimachia nummularia*, dont la forme d'eau est à peine différente de la forme d'air, l'autre à fortes réactions morphogènes, *Œnanthe Phellandrium*, qui produit des feuilles à larges segments dans l'air et des feuilles finement divisées en segments filiformes dans l'eau.

Chez les quatre lots d'individus ont été mesurées, dans les conditions de vie respectivement imposées à chacun : l'absorption des substances minérales, les quantités de matières azotées solubles et insolubles accumulées, les quantités de saccharose, les valeurs des pressions osmotiques des tissus et les activités respiratoires. Les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous. Ceux relatifs aux minéraux, aux formes d'azote et au saccharose sont exprimés en grammes et rapportés à 100^g de substance sèche; les pressions osmotiques sont exprimées en atmosphères et les activités respiratoires en centimètres cubes d'oxygène absorbés par gramme de substance sèche en une heure.

	Lysimaque		Œnanthe	
	air.	eau.	air.	eau.
Minéraux fixes	10,69	19,40	15,70	26,90
Azote protéique	0,60	1,01	1,14	2,24
Azote soluble	0,17	0,39	0,28	0,30
Azote total	0,77	1,40	1,42	2,54
Saccharose	2,84	1,03	17,70	9,07
Pression osmotique	15,09	8,08	14,83	8,91
Respiration	1,03	0,50	4,41	3,03

L'accumulation des minéraux et celle des substances azotées sont plus grandes chez les deux espèces lorsqu'elles vivent en immersion dans l'eau.

Le rapport des teneurs en minéraux chez la plante d'eau et chez la plante d'air est 1,81 pour le Lysimaque et 1,71 pour l'Œnanthe. Le rapport des teneurs en substances azotées totales est 1,82 pour la première espèce et 1,78 pour la seconde.

L'accumulation du saccharose, la pression osmotique des tissus et l'activité respiratoire sont plus grandes chez les deux plantes lorsqu'elles vivent en milieu aérien.

Le rapport des teneurs en saccharose chez la plante d'air et chez la plante d'eau est 2,75 pour le Lysimaque et 1,95 pour l'Œnanthe. Le rapport des pressions osmotiques est 1,86 pour le Lysimaque et 1,66 pour l'Œnanthe. Le rapport des activités respiratoires est 2,06 pour la première espèce et 1,45 pour la seconde.

Nous pouvons conclure de ces résultats que les variations du fonctionnement physiologique et celles de la construction physicochimique des tissus ne sont pas moins accentuées chez l'espèce à faibles réactions morphogènes, le Lysimaque, que chez l'espèce à fortes réactions morphogènes, l'Œnanthe. Ainsi, les parties examinées du fonctionnement physiologique, absorption des minéraux, respiration, se montrent aussi sensibles aux différences du milieu extérieur chez la première que chez la seconde; de même, les parties examinées de la constitution physicochimique des tissus, richesse en substances azotées, en saccharose, pression osmotique, sont tout aussi profondément modifiables chez l'une que chez l'autre. La différence dans le comportement des deux plantes réside essentiellement dans le fait que des variations d'amplitudes analogues de la constitution physicochimique des tissus ne produisent que des variations morphogènes réduites chez le Lysimaque, et au contraire des variations très accusées chez l'Œnanthe. L'activité des grandes fonctions et le métabolisme sont aussi profondément touchés chez l'une que chez l'autre, mais la morphogénèse de l'une reste à peu près insensible à ces variations, tandis que celle de l'autre réagit vigoureusement.

Il semble donc que ce soit surtout dans la dernière phase du mécanisme

d'action du millieu, celle qui correspond à l'action qu'exerce le milieu intérieur sur la morphogenèse, que doivent être recherchées les causes des différences existant entre les comportements morphogènes des diverses espèces vis-à-vis du milieu extérieur.

M. **Louis de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage de M. **Georges Guinier** intitulé : *Éléments de physique moderne théorique*, Tome II. *Structure de l'atome et du noyau*, dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut français d'Afrique Noire. *Études sénégalaises*, n° 1 : *La presqu'île du Cap-Vert*. Notice publiée à l'occasion du Ve centenaire de la découverte du Cap-Vert (1444-1944) et de la première réunion internationale des ethnologues, géographes et naturalistes ouets-africains.

2° *Hommage national à Paul Langevin et à Jean Perrin. Grand amphithéâtre de la Sorbonne. Panthéon.*

3° *L'organisation de la Recherche scientifique* (Hommage national à Paul Langevin et à Jean Perrin.)

4° *Revue française de Photogrammétrie*, n° 1.

5° *Human sterilization. Techniques of permanent conception control*, par Robert Latou Dickinson et Clarence James Gamble.

TOPOLOGIE. — *Sur la notion de processus (fonction générale).* Note (*) de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

1° *Un procès* (processus ou *fonction générale*) sera tout système constitué d'un ensemble (base, commencement, *phase initiale du procès*) et d'un procédé, d'une transformation, faisant correspondre à tout élément de l'ensemble un certain ensemble (vide ou non vide). Si p est un procès, nous désignerons par βp la base du procès et par αp la transformation faisant partie du procès; le procès p lui-même peut alors être désigné par $(\beta p; \alpha p)$.

Par conséquent, si $x \in \beta p$, alors $\alpha p(x)$ ou $(\alpha p)(x)$ est un certain ensemble pouvant être l'ensemble vide v. Si $E \subseteq \beta p$, nous désignerons par $\beta p E$ ou $(\beta p)E$ l'union $\bigcup_x \alpha p(x)$, $(x \in E)$; $\beta p E$ s'appelle *le transformé de E*. En particulier,

(*) Séance du 15 mai 1950.

le transformé $\alpha p(\beta p)$ de βp est un ensemble bien déterminé (*phase finale du procès*). Si, pour tout $x \in \beta p$, le cardinal $k\alpha p(x)$ de l'ensemble $(\alpha p)(x)$ est $(\leqq 1)1$, on dit que le procès p est (*au plus*) *uniforme* et dans ce cas il est commode d'écrire $\alpha p(x) \in \alpha p(\beta p)$. On convient que $\alpha p(x) =$ vide pour tout x non $\in \beta p$.

L'inverse p^{-1} du processus p est défini par $\beta p^{-1} = \alpha p(\beta p)$; de plus, pour tout $x \in \beta p^{-1}$, $(\alpha p^{-1})(x)$ est l'ensemble des $y \in \beta p$ tels que $x \in (\alpha p)(y)$.

2° *Ordination par extension des processus.* — On dit que le procès f est *une extension* du procès g et l'on écrit $f \supseteq g$ ou $g \subseteq f$ si $\beta f \supseteq \beta g$ et $\alpha f(x) \supseteq \alpha g(x)$ pour tout $x \in \beta g$.

La signification de $f \subset g$, $f = g$, $f \neq g$, $f \parallel g$ est alors immédiate. On démontre que tout ensemble de processus est ordonné ($\equiv$ partiellement ordonné) relativement à $\subseteq$; en particulier, pour tout procès f on a $(f^{-1})^{-1} = f$.

3° E étant un ensemble de procès, l'*union* $\bigcup\limits_p p$ des procès $p \in$ E est défini par les égalités de distribution que voici :

$$\beta\left(\bigcup_p p\right) = \bigcup_p \beta p, \qquad \left(\alpha\left(\bigcup_p p\right)(x)\right) = \bigcup_p (\alpha p)(x), \qquad \left(x \in \bigcup_p \beta p;\, p \in \mathrm{E}\right).$$

D'une façon analogue on définit la *partie commune* $\bigcap\limits_p p$ des processus appartenant à l'ensemble E.

En particulier, f, g étant deux procès, on en définit l'union $f \cup g$ et la partie commune $f \cap g$ respectivement par les distributions suivantes :

$$\beta(f \cup g) = \beta f \cup \beta g, \qquad \alpha(f \cup g)(x) = \alpha f(x) \cup \alpha g(x), \qquad \big(x \in \beta(f \cup g)\big),$$

et

$$\beta(f \cap g) = \beta f \cap \beta g, \qquad \alpha(f \cap g)(x) = \alpha f(x) \cap \alpha g(x), \qquad \big(\alpha \in \beta(f \cap g)\big).$$

4° Soient p, q deux procès tels que la phase finale de p coïncide avec la phase initiale de q; alors on définit le *composé* qp des procès p, q par les formules suivantes :

$$\beta(qp) = \beta p; \qquad (\alpha q p)(x) = \bigcup_y q(y), \qquad \big(y \in \alpha p(x),\, x \in \beta p\big).$$

En général, $pq \neq qp$, mais la loi d'association a lieu

$$(pq)r = p(qr).$$

5° L'ensemble des nombres rationnels est *isomorphe à* l'ensemble R des processus uniformes p vérifiant $\beta p = \{1, 2, 3\}$, $\alpha p \beta p \subseteq N$ ($\equiv$ l'ensemble des nombres naturels) l'ordination $\leqq$, la somme $f + g$ et le produit fg des f, $g \in R$ étant définis de la manière suivante :

I. La relation $f \leqq g$ est équivalente à la relation

$$f(1)g(3)+f(3)g(2) \leqq f(3)g(1)+f(2)g(3);$$

II. $$\begin{cases} (f+g)(1)=f(1)g(3)+f(3)g(1), \quad (f+g)(2)=f(2)g(3)+f(3)g(2), \\ (f+g)(3)=f(3)g(3). \end{cases}$$

III. $$\begin{cases} (fg)(1)=f(1)g(1)+f(2)g(2), \quad (fg)(2)=f(1)g(2)+f(2)g(1), \\ (fg)(3)=f(3)g(3). \end{cases}$$

6° Le groupe (G; +) est un certain procès p tel que $\beta p = G \times G$, $\alpha p(x, y) = x + y$, $((x, y) \in G \times G)$.

7° L'espace abstrait $(E; K)$ est le procès p vérifiant $\beta p = P(E) =$ l'ensemble de tous les ensembles $x \subseteq E$; $\alpha p x = K(x)$, $(x \in P(E))$.

8° Si à tout $x \subseteq E$ on fait correspondre un certain ensemble $f(x)$, on obtient le procès $(P(E); f)$.

9° Tout ensemble ordonné (E; $\leqq$) est un certain procès *au plus* uniforme, p, vérifiant $\beta p = E \times E$, $\alpha p(\beta p) \subseteq \{-1, 0, 1\}$.

10. Quels que soient l'ensemble totalement ordonné E et l'ensemble P de processus uniformes tels que, pour tout $p \in P$, βp soit une section initiale de E, alors l'ordination par extension (P; $\subseteq$) de P vérifie *la condition* ($\subseteq$) que voici : l'ensemble $(-\infty, p)_P$ des prédécesseurs de tout $p \in P$ est un sous-ensemble *totalement ordonné* de (P; $\subseteq$).

La condition ($\subseteq$) intervient dans l'étude du problème de Suslin [*cf.* la notion d'*ensembles* et de *tableaux ramifiés* (¹)], celui-ci étant équivalent à la dénombrabilité de tout ensemble infini ordonnée vérifiant la condition ($\subseteq$) et étant tel que chacun de ses ensembles, totalement ordonnés et antiordonnés respectivement (c'est-à-dire sans points distincts comparables), soit $\leqq \aleph_0$.

Démonstrations et applications des notions précédentes paraîtront ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème d'existence sur les systèmes d'équations aux dérivées partielles quasi linéaires.* Note (*) de Mme **Yvonne Fourès-Bruhat**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Je me propose de résoudre le problème de Cauchy, dans le cas non analytique, pour un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre non linéaires, en utilisant les équations intégrales vérifiées par les solutions (¹).

(¹) *Thèse*, p. 68, 69, 127; *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 129-131.

Bibliographie. — G. Birkhoff, *Ann. Math.*, **35**, 1934, p. 861-875; N. Bourbaki, *Topologie générale*, Paris; G. Choquet, *Ann. Univ. Grenoble*, **23**, 1947-1948, p. 57-112; P. Dubreil, *Algèbre*, Paris, 1946; Kuntzmann, *Thèse, Ann. de Toulouse*; Riguet, *Bull. Soc. Math.*, 1943.

(*) Séance du 10 juillet 1950.

(¹) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 618-620.

Le système est

$$(E) \qquad A^{\lambda\mu}(W, x^\alpha)\frac{\partial^2 W_S}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + f_S\left(W, \frac{\partial W}{\partial x^\alpha}, x^\alpha\right) = 0,$$

les données de Cauchy sont

$$(1) \qquad W_S(x^i, 0) = \varphi_S(x^i), \qquad \frac{\partial W_S}{\partial x^4} = \psi_S(x^i).$$

1. Sur le système (E) et les données de Cauchy je ferai les hypothèses suivantes :

1° Dans le domaine (D_0) défini par $|x^i - \bar{x}^i| \leq d$, φ_S et ψ_S possèdent des dérivées partielles jusqu'aux ordres respectivement 5 et 4, continues bornées et satisfaisant à des conditions de Lipschitz.

2° Pour des valeurs des fonctions W_S satisfaisant à

$$|W_S - \varphi_S| \leq h, \qquad \left|\frac{\partial W_S}{\partial x^i} - \frac{\partial \varphi_S}{\partial x^i}\right| \leq h, \qquad \left|\frac{\partial W_S}{\partial x^4} - \psi_S\right| \leq h,$$

et dans le domaine (D) défini par

$$|x^i - \bar{x}^i| \leq d, \qquad |x^4| \leq \varepsilon(x^i).$$

a. $A^{\lambda\mu}$ (fonction de x^α et W_S) et f_S (fonctions de x^α, W_S, $\partial W_S/\partial x^\alpha$) admettent des dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre, continues, bornées et satisfaisant à des conditions de Lipschitz.

b. La forme quadratiqne $A^{\lambda\mu}X_\lambda X_\mu$ est de type hyperbolique normal

$$A^{44} > a > 0, \qquad A^{ij}X_i X_j \text{ définie négative.}$$

Nous désignerons par $W_{S\alpha}$, ..., u_s les dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre de W_S et par $\varphi_{S\alpha}$, ..., Φ_s les valeurs communes de ces fonctions sur (D_0).

2. Je remplace dans $A^{\lambda\mu}$ les fonctions inconnues W_s par des fonctions données $\overset{(1)}{W}_s$ qui admettent des dérivées partielles jusqu'au quatrième ordre continues bornées et satisfaisant à des conditions de Lipschitz par rapport aux variables x^i, dans (D)

$$|\overset{(1)}{W}_s - \varphi_s| \leq h, \qquad \ldots, \qquad |\overset{(1)}{u}_s - \Phi_s| \leq h;$$

$$(2) \qquad |\overset{(1)}{u}_s(x'^i, x^4) - \overset{(1)}{u}_s(x^i, x^4)| \leq h\Sigma|x'^i - x^i|,$$

j'obtiens le système

$$(E_1) \qquad \overset{(1)}{A}{}^{\lambda\mu}\frac{\partial^2 W_s}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + f_s = 0,$$

les solutions six fois différentiables du problème de Cauchy (1) relatif aux équations (E_1) vérifient un système d'équations intégrales (I_1) qui se compose de [2] :

---

[2] Dans le cas où les $A^{\lambda\mu}$ ne dépendent pas des dérivées partielles W_{S_α} des fonctions inconnues, on peut obtenir le système d'équations intégrales, vérifié par les solution

1° Équations intégrales aux seules fonctions inconnues X, définissant les conoïdes caractéristiques de sommet $M_0(x_0^\alpha)$. Je montre que ces équations ont une solution unique continue bornée et satisfaisant à des conditions de Lipschitz par rapport aux x_0^i si $M_0 \in D$.

2° Équations intégrales aux fonctions inconnues X, r (fonctions auxiliaires), W et u. Je remplace les X par les solutions trouvées et je montre que les équations obtenues ont dans (D) une solution unique continue bornée et satisfaisant aux inégalités (2). Soit $\overset{(2)}{W}_s \ldots \overset{(2)}{u}_s$ cette solution.

3. Les fonctions $\overset{(2)}{W}_s$ sont solutions des équations (E_1) dans (D); $\overset{(2)}{W}_{s_\alpha}, \ldots, \overset{(2)}{u}_s$ sont les dérivées partielles jusqu'à l'ordre 4 de $\overset{(2)}{W}_s$. En effet :

1° *Cas analytique.* — Si $A^{\lambda\mu}$, f_s, φ_s, ψ_s et $\overset{(1)}{W}_s$ sont analytiques, les équations (E_1) ont une solution analytique dans $D' \subset D$ qui coïncide avec la solution des équations (I_1) $\overset{(2)}{W}_s$. $\overset{(2)}{W}_s$ est alors solution des équations (E_1) dans (D) et admet des dérivées partielles jusqu'à l'ordre 4, $\overset{(2)}{W}_{s_\alpha}, \ldots, \overset{(2)}{u}_s$.

2° *Cas général.* — J'approche $A^{\lambda\mu}$, f_s, φ_s, ψ_s et $\overset{(1)}{W}_s$ et leurs dérivées, par des fonctions analytiques; les solutions des équations (I_1) correspondantes convergent uniformément vers $\overset{(2)}{W}_s$, $\overset{(2)}{W}_{s_\alpha}, \ldots, \overset{(2)}{u}_s$. $\overset{(2)}{W}_s$ admet donc pour dérivées partielles jusqu'à l'ordre 4, $\overset{(2)}{W}_{s_\alpha}, \ldots, \overset{(2)}{u}_s$, et est solution des équations (E_1) dans (D).

4. Je peux alors faire jouer à $\overset{(2)}{W}_s$ le rôle joué par $\overset{(1)}{W}_s$. J'obtiens ainsi des fonctions $\overset{(3)}{W}_s$, satisfaisant aux mêmes hypothèses, solutions de

$$\overset{(2)}{A}{}^{\lambda\mu} \frac{\partial^2 \overset{(3)}{W}_s}{\partial x^\lambda \partial x^\mu} + f_s = 0.$$

Par la répétition de ce procédé, je forme dans D, une suite de fonctions $\overset{(i)}{W}_s$ admettant des dérivées partielles jusqu'à l'ordre 4, continues bornées et satisfaisant à des conditions de Lipschitz par rapport aux variables x^i. Les fonctions convergent uniformément, ainsi que leurs dérivées, vers des fonctions $W_s, \ldots, u_s$. On en déduit le théorème :

THÉORÈME. — *Les équations* (E) *admettent dans* (D) *une solution* W_s, *possédant des dérivées partielles continues et bornées jusqu'au* 4*e ordre.*

Dans le cas général où les $A^{\lambda\mu}$ dépendent des x^α, W_s et W_{s_α}, un théorème d'existence peut être obtenu par des méthodes analogues en faisant intervenir des dérivées d'ordre plus élevé.

---

et faisant intervenir des dérivées partielles d'ordre moins élevé d'une unité que dans le cas général étudié dans la note (1).

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Condition nécessaire pour qu'un problème aux limites soit self-adjoint.* Note (*) de M. **Paul Burgat**, présentée par M. Gaston Julia.

Soit l'équation

$$(1)\qquad Lu = p_0 u^{(n)} + p_1 u^{(n-1)} + \ldots + p_n u = 0,$$

où 1° les p_i sont des fonctions réelles de x, continues sur (a, b) et possédant des dérivées continues jusqu'à l'ordre $(n-i)$; 2° $p_0 \neq 0$ sur (a, b), et soient en outre les n conditions aux limites, linéairement indépendantes,

$$(2)\qquad L_i(u) = \alpha_1^{(i)} u(a) + \ldots + \alpha_n^{(i)} u^{(n-1)}(a) + \alpha_{n+1}^{(i)} u(b) + \ldots + \alpha_{2n}^{(i)} u^{(n-1)}(b) = 0$$

(les α étant des constantes réelles).

Désignons par $L^* u$ l'expression différentielle adjointe de Lu, par (f, g) le produit intérieur des fonctions réelles et intégrables f et g et par $(\vec{U}, \vec{V})$ celui des vecteurs $\vec{U}$, de composantes $u(a), \ldots, u^{(n-1)}(a), u(b), \ldots, u^{(n-1)}(b)$, et $\vec{V}[v(a), \ldots, v^{(n-1)}(a), v(b), \ldots, v^{(n-1)}(b)]$.

La formule de Green (pour les fonctions d'une variable) s'écrit

$$(Lu, v) - (u, L^* v) = (\vec{U}, A\vec{V}) = A(\vec{U}, \vec{V}),$$

A étant la matrice dont les éléments sont ceux du tableau que l'on trouve, par exemple, dans Ince, *Ordinary Differential equations*, p. 211, sous la forme

$$\begin{pmatrix} -\Delta(a), & 0 \\ 0, & \Delta(b) \end{pmatrix} \text{(1)}.$$

Soient E la matrice unité ($2n$ lignes et $2n$ colonnes) et M une matrice dont les n premières lignes sont constituées par les coefficients qui figurent dans les conditions aux limites (2), les n dernières étant formées d'éléments arbitraires, sous la seule réserve que la matrice soit régulière. Si l'on pose

$$\vec{\mathfrak{U}} = M\vec{U}, \qquad \vec{\mathfrak{V}} = N\vec{V}, \qquad N = (M^{-1})'A,$$

on a

$$(Lu, v) - (u, L^* v) = E(\vec{\mathfrak{U}}, \vec{\mathfrak{V}}) = \sum_1^{2n} \mathfrak{U}_k(u)\, \mathfrak{V}_k(v);$$

les $\mathfrak{U}_k$ et les $\mathfrak{V}_k$ sont respectivement les composantes des vecteurs $\vec{\mathfrak{U}}$ et $\vec{\mathfrak{V}}$.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(1) $-\Delta(a)$: matrice dont les éléments sont les opposés de ceux de $\Delta(a)$.

Le problème

$$L^* v = 0,$$
$$\mathcal{V}_j(v) = 0 \qquad (j = n+1, \ldots, 2n)$$

est le problème adjoint du problème [(1) + (2)].

Je vais démontrer le *théorème* suivant :

Pour que le problème [(1) + (2)], *dans lequel on suppose* $Lu = L^* u$, *soit self-adjoint, il faut que*

$$\left(\vec{Z}_p, (A^{-1})' \vec{Z}_q\right) = 0 \qquad (p, q = 1, 2, \ldots, n),$$

$\vec{Z}_i$ *étant le vecteur dont les composantes sont les coefficients de* L_i (¹).

En effet, soient Z_k la matrice à une colonne dont les éléments sont ceux de la $k^{\text{ième}}$ ligne de M, Z'_k la matrice transposée de Z_k, X_l et T_l des matrices à une colonne telles que

$$Z'_k X_l = \delta_{kl}, \qquad X'_l A = T'_l \qquad (l = 1, 2, \ldots, 2n)$$

(δ_{kl} est le symbole de Kronecker).

Les matrices M, $(M^{-1})'$ et N s'écrivent alors

$$M = \begin{pmatrix} Z'_1 \\ Z'_2 \\ \vdots \\ Z'_{2n} \end{pmatrix}, \qquad (M^{-1})' = \begin{pmatrix} X'_1 \\ X'_2 \\ \vdots \\ X'_{2n} \end{pmatrix}, \qquad N = (M^{-1})' A = \begin{pmatrix} T'_1 \\ T'_2 \\ \vdots \\ T'_{2n} \end{pmatrix}.$$

Si le problème est adjoint à lui-même, les Z'_q sont des combinaisons linéaires des $T'(j = n+1, \ldots, 2n)$:

$$Z'_q = \sum_{j=n+1}^{2n} c_j^{(q)} T'_j$$

ou

$$Z'_q = \sum c_j^{(q)} X'_j A$$

ou encore

$$Z'_q A^{-1} = \sum c_j^{(q)} X'_j$$

d'où, en prenant le conjugué de chaque membre,

$$(A^{-1})' Z_q = \sum c_j^{(q)} X_j$$

(¹) On connaît, quand $n = 2$ et dans certains cas du quatrième ordre, une condition nécessaire et suffisante pour qu'un problème soit self-adjoint (*voir* Kamke, *Differentialgl., Lösungsmethoden u. Lösungen*, 2ᵉ édit., 1, 1943, p. 188).

et, en multipliant à gauche par Z'_p,

$$Z'_p(A^{-1})'Z_q = \sum c_j^{(q)} Z'_p X_j.$$

Les produits scalaires du second membre sont tous nuls; donc

$$Z'_p(A^{-1})'Z_q = 0.$$

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes et leurs dérivées* Note (*) de M. **King-Lai Hiong**, présentée par M. Paul Montel.

1. Soient $f(x)$ une fonction méromorphe dans le plan à distance finie ([1]) et $\varphi(x)$ une fonction entière telle que $T(r, \varphi) = o(T(r, f))$; nous appelons, par extension, *défaut de* φ *pour* f, et désignons par $\delta(\varphi, f)$ ou par $\delta(\varphi)$ l'expression $1 - \overline{\lim}\, N(r, 1/(f-\varphi))/T(r, f)$; φ sera dit *fonction exceptionnelle* pour f, lorsque $\delta(\varphi) > 0$. Le théorème fondamental établi dans une Note précédente ([2]) nous permet de démontrer les théorèmes suivants concernant les types de Pringsheim et Lindelöf, et les classes de M. Valiron :

Théorème I. — *Soit* $f(x)$ *une fonction méromorphe d'ordre fini* λ *telle que* $\delta(\infty) = 1$; *si* $f'(x)$ *admet comme fonction exceptionnelle de défaut* 1 *une fonction entière non identiquement nulle* $\psi_1(x)$ *telle que* $T(r, \psi_1) = o(T(r, f'))$, *l'indice de densité* $N(r, 1/(f-\varphi))$ *appartient au même type que* $T(r, f)$ *pour toute fonction entière* $\varphi(x)$ *vérifiant la condition* (γ) : $T(r, \varphi) = o(T(r, f))$ *et* $\varphi'(x) \not\equiv \psi_1(x)$.

Théorème II. — *Dans les conditions du théorème* I, *si, en outre,* f *appartient à la classe divergente, alors, en désignant par* r_ν *les modules des zéros de* $f - \varphi$, *la série* $\Sigma r_\nu^{-\lambda}$ *diverge pour toute fonction entière* φ *vérifiant la condition* (γ).

Théorème III. — *Dans les conditions du théorème* II, *et l'ordre* λ *étant entier, le genre de la fonction* $f - \varphi$ *est égal à* λ *pour toute fonction entière* φ *vérifiant la condition* (γ).

Les deux derniers théorèmes peuvent être considérés comme extensions des théorèmes dus à M. Valiron.

2. On peut éliminer l'indice $N(r, f)$ figuré dans l'inégalité (3) de la Note ([2]) en introduisant une fonction entière ([3]) $\Psi(x)$ distincte de $\varphi'(x)$ et de $\psi(x)$, (mais pouvant s'annuler identiquement), telle que $T(r, \psi) = o(T(r, f'))$; alors au lieu du théorème II de ([2]), on obtient un théorème avec l'inégalité fondamentale

$$(1)\quad [1 - o(1)]T(r, f) < N\left(r, \frac{1}{f-\varphi}\right) + 2N\left(r, \frac{1}{f'-\psi}\right) + N\left(r, \frac{1}{f'-\Psi}\right) + S_3(r),$$

$S_3(r)$ vérifiant les conditions 1° et 2° de ([2]), et, comme conséquence, on a en particulier le théorème suivant :

(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) Pour abréger, nous dirons simplement *fonction méromorphe* dans la suite.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1635.

([3]) Nous supposons toujours qu'une fonction entière ne se réduise à la constante infinie.

THÉORÈME IV. — *Soit $f(x)$ une fonction méromorphe, non rationnelle, admettant comme fonction exceptionnelle de défaut* 1 *une fonction entière $\varphi(x)$ telle que $T(r, \varphi) = o(T(r, f'))$; parmi les fonctions entières $\psi(x)$ distinctes de $\varphi'(x)$ telles que $T(r, \psi) = o(T(r, f'))$, la fonction dérivée $f'(x)$ en admet au plus une comme fonction exceptionnelle de défaut* 1.

3. Nous étendons le théorème II de (²) au cas où le nombre d'indices de densité est quelconque, en prenant pour φ et ψ des polynômes. Pour cela, nous donnons d'abord explicitement une généralisation (⁴) du second théorème fondamental de M. R. Nevanlinna. Ensuite, par une méthode de M. Milloux (⁵) avec certaines modifications, nous obtenons une minorante pour $m(r, F)$ où $F = (f - \varphi_1)\ldots(f - \varphi_p)$, et après en avoir trouvé une majorante (⁶), nous parvenons à établir un lemme avec une inégalité analogue à celle qu'a donnée M. Milloux (⁵). Alors en procédant comme cet auteur l'a fait dans son cas, nous obtenons le théorème :

THÉORÈME V. — *Étant donnée une fonction méromorphe transcendante $f(x)$, soient $P_i(x)$ $(i = 1, 2, \ldots, p)$ p polynomes distincts entre eux et $Q_j(x)$ $(j = 1, 2, \ldots, q)$ q polynomes distincts entre eux, aucun des P_i et Q_j ne se réduisant à la constante infinie. Si λ_i désigne le degré de P_i et μ_j, celui de Q_j, on suppose que $f(0) \neq 0, \infty$, $P_i(0)$; $f^{(h)}(0) \neq 0, \infty$ $(h = 1, 2, \ldots, \lambda + 1$, λ étant le plus grand des nombres λ_i et $\mu_j + 1)$; $f^{(k_i)}(0) \neq P^{(k_i)}(0)$ $(k_i = 1, 2, \ldots, \lambda_i)$; et $f^{(l_j)}(0) \neq Q_j^{(l_j)}(0)$ $(l_j = 1, 2, \ldots, \mu_j + 1)$. Pour tout ce qui précède, $i = 1, 2, \ldots, p$ et $j = 1, 2, \ldots, q$. Dans ces conditions, on a l'inégalité fondamentale*

$$(2)\qquad \begin{aligned}[p(q-1) - o(1)]\,T(r, f) < \overline{N}(r, f) &+ (q-1)\sum_{i=1}^{p} N\left(r, \frac{1}{f - P_i}\right) \\ &+ \sum_{j=1}^{q} N\left(r, \frac{1}{f' - Q_j}\right) + \left\{(q-1)\sum_{i=1}^{p}(2^{\lambda_i} - 1)[1 + o(1)] \right. \\ &\left. + 2\sum_{j=1}^{q}(2^{\mu_j} - 1)\right\} N(r, f') + (p-1)(q-1)\,N\left(r, \frac{1}{f'}\right) \\ &+ (q-1)\,N\left(r, \frac{1}{f''}\right) - [q - 1 - o(1)]\sum_{i=1}^{p} N\left(r, \frac{1}{f^{(\lambda_i+1)}}\right) \\ &- \sum_{i=1}^{q} N\left(r, \frac{1}{f^{(\mu_j+2)}}\right) + S_4(r).\end{aligned}$$

$S_4(r)$ vérifiant les conditions 1° *et* 2° *de* (²).

(⁴) M. R. Nevanlinna a signalé une telle généralisation sans donner le théorème explicite [*loc. cit.* dans la Note (²), p. 298].

(⁵) *Les dérivés des fonctions méromorphes*, [*loc. cit.* dans (²)].

(⁶) La minorante est valable même dans le cas des fonctions entières, mais nous n'avons trouvé dans ce cas une majorante jouissant des propriétés désirées que pour $p = 1, 2$, ce qui permet seulement d'obtenir des théorèmes avec une ou deux fonctions entières φ.

En ce qui concerne les restrictions relatives à l'origine, on peut faire une remarque analogue à celle faite pour le théorème II de ([2]).

Si l'on fait en particulier $\lambda_i = \mu_j = 0$, on retrouve le théorème fondamental dû à M. Milloux ([5]).

4. En partant des résultats du n° 3, nous obtenons des théorèmes sur la théorie des défauts, pour laquelle, nous généralisons la notion de *défaut relatif*.

AÉRODYNAMIQUE. — *Calcul de la courbure au sommet de l'onde de choc attachée dans un écoulement de révolution.* Note (*) de M. **Henri Cabannes**, présentée par M. Joseph Pérès.

En prenant pour point de départ l'étude des écoulements coniques de révolution, on détermine, pour un obstacle dont la méridienne possède à la pointe un rayon de courbure fini non nul, la valeur de la courbure de la méridienne de l'onde de choc en cette pointe. La méthode, basée sur la théorie des caractéristiques, est valable lorsque la vitesse après le choc est supersonique.

Dans un écoulement plan autour d'un obstacle, on sait calculer, lorsqu'il existe une onde de choc attachée, la courbure au sommet de cette onde ([1]). Le cas des écoulements de révolution présente beaucoup plus de difficultés ; celles-ci sont dues à la présence, dans les équations du mouvement, d'un terme qui devient infini sur l'axe de révolution. Cependant la courbure de l'onde de choc en son sommet peut être calculée de la façon suivante.

Nous nous plaçons dans un demi-plan méridien. Ox est l'axe de révolution, Or l'axe directement perpendiculaire. En un point P, nous désignons par q, a, ρ, p la vitesse du fluide, la célérité du son, la densité et la pression ; par α, ω, θ l'angle de Mach, l'angle de la vitesse avec Ox, l'angle de OP avec Ox. $\overrightarrow{P\xi}$ et $\overrightarrow{P\eta}$ sont les directions qui font avec la vitesse les angles α, $-\alpha$. k est le rapport des chaleurs spécifiques ; $\mu^2 = (k-1):(k+1)$. Les équations du mouvement écrites dans le système de coordonnées curvilignes constitué par les courbes caractéristiques sont les suivantes :

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial\omega}{\partial\xi} - \dfrac{\cot\alpha}{\rho q^2}\dfrac{\partial p}{\partial\xi} - \dfrac{\sin\alpha\sin\omega}{r} = 0, \\ \dfrac{\partial\omega}{\partial\eta} + \dfrac{\cot\alpha}{\rho q^2}\dfrac{\partial p}{\partial\eta} + \dfrac{\sin\alpha\sin\omega}{r} = 0. \end{cases}$$

La méridienne de l'obstacle est terminée par un segment rectiligne $OI(\theta = \theta_s)$; en I, la courbure a pour valeur $1/\mathcal{R}$, la tangente étant continue. Soit (γ) la caractéristique le long de laquelle se propagent les perturbations infiniment petites issues du point I. Nous supposons que le nombre de Mach M de l'écou-

(*) Séance du 10 juillet 1950.

([1]) Crocco, *Atti de I° Congresso dell' Unione Matematica Italiana*, p. 597-615.

lement uniforme amont et l'angle θ_s sont choisis de façon qu'il se forme une onde de choc attachée et que la vitesse après le choc soit supersonique. L'onde possède un segment rectiligne $OA(\theta = \theta_w)$ limité au point de rencontre avec (γ); soit (Γ) la seconde caractéristique issue du point A. Les courbes (γ) et (Γ) déterminent dans le fluide, trois régions : (I) avant (γ), (II) entre (γ) et (Γ), (III) après (Γ).

1. Dans la région (I), l'écoulement est un écoulement conique de révolution.

2. Dans la région (II), la valeur du coefficient différentiel $\partial\omega/\partial\xi$ sur la courbe (γ) considéré comme fonction de l'abscisse curviligne η sur cette courbe, est solution d'une équation de Ricatti que l'on forme à partir du système (1). On connaît pour cette équation la solution particulière correspondant à l'écoulement conique; la valeur au point I de la quantité $(\partial\omega/\partial\xi)^{(\mathrm{II})}$ est déterminée par la connaissance de $\mathcal{R}$. Dans le cas où la longueur OI est nulle, la longueur OA est nulle elle aussi, et l'on obtient, à l'aide de l'équation aux variations déduite de l'équation de Ricatti, le résultat suivant :

$$\left(\frac{\partial\omega}{\partial\xi}\right)_{\mathrm{A}}^{(\mathrm{II})} = \left(\frac{\partial\omega}{\partial\xi}\right)_{\mathrm{A}}^{(\mathrm{I})} + \frac{2\cos\alpha_{\mathrm{I}}}{\mathcal{R}} e^{\int_{\theta_s}^{\theta_w} h(\theta)\,d\theta}, \tag{2}$$

avec

$$h(\theta) = \frac{2\,\mathrm{tg}\,\alpha}{\sin^2(\omega-\theta) - \sin^2\alpha}\,\frac{k+1}{1+\cos 2\alpha}\left\{2\,\frac{\sin(\omega-\theta-\alpha)}{\sin(\omega-\theta+\alpha)} - \cos 2\alpha\right\}$$
$$+ \frac{\cos\omega\sin\alpha + \sin\omega\left\{\frac{3}{2}\,\frac{k-\cos 2\alpha}{\cos\alpha} + \frac{k+1}{2\cos\alpha}\,\frac{1-\cos 2\alpha}{1+\cos 2\alpha}\right\}}{2\sin\theta\sin(\omega-\theta+\alpha)}.$$

Les valeurs de la fonction $h(\theta)$ peuvent être calculées à partir des tables construites par Kopal Zdenek ([2]).

3. Dans la région (III), la valeur du coefficient $(\partial\omega/\partial\xi)$ au point A est fonction linéaire de la courbure $1/\mathrm{R}$ de l'onde de choc en ce point. En combinant les équations du choc et les équations du mouvement ([3]), on établit la relation suivante :

$$\left(\frac{\partial\omega}{\partial\xi}\right)_{\mathrm{A}}^{(\mathrm{III})} = \left(\frac{\partial\omega}{\partial\xi}\right)_{\mathrm{A}}^{(\mathrm{I})} + \frac{\sin\alpha\sin(\theta-\omega+\alpha)}{\sin^2\alpha - \sin^2(\theta-\omega)}\,\frac{f_0\cos\alpha - g_0\sin\alpha}{\mathrm{R}}, \tag{3}$$

avec

$$f_0 = 1 - 2\mu^2\cos^2(\theta-\omega) - \sin(\theta-\omega)\cos(\theta-\omega)\,(\mathrm{tg}\,\theta - \mathrm{cotg}\,\theta),$$
$$g_0 = -2(1-\mu^2)\,\mathrm{cotg}^2\alpha\,\sin(\theta-\omega)\cos(\theta-\omega).$$

Sur la courbe (Γ), les coefficients différentiels $\partial/\partial\xi$ sont continus. On obtient donc par comparaison des formules (2) et (3) la valeur du rapport des courbures au sommet de l'obstacle et de l'onde de choc.

([2]) *Tables of Supersonic Flow Around Cones*, Cambridge (U. S. A.), 1947.

([3]) *Cf.* H. Cabannes, *Thèse*, Paris, 1950.

ÉLASTICITÉ. — *Mise en correspondance d'un problème non résolu de la théorie de l'Élasticité avec un problème résolu par Darboux et Drach.* Note de M. **Dragoslav S. Mitrinovitch**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. V. V. Sokolovsky, C. Truesdell et d'autres [1] ont étudié un problème, qui rentre dans la théorie des couches élastiques, se ramenant, en dernière analyse, à l'équation différentielle indéterminée

$$\frac{1}{F}\frac{d^2F}{dz^2}+(n^2-1)\frac{1}{f}\frac{d^2f}{dz^2}=0, \tag{1}$$

avec $n=$ entier positif, $F=F(z)$, $f=f(z)$.

Sokolovsky et Truesdell ont indiqué quelques cas particuliers de l'intégration par quadratures de l'équation (1). Dans cette Note, nous allons montrer que le problème en question se présente comme un cas particulier de certains résultats généraux dus à Darboux, Drach et à nous-même.

2. Au lieu de l'équation (1), on considérera le système

$$\frac{1}{f}\frac{d^2f}{dz^2}=\Phi(z), \tag{2}$$

$$\frac{1}{F}\frac{d^2F}{dz^2}=(1-n^2)\Phi(z), \tag{3}$$

où Φ est une fonction arbitraire de z; et, plus généralement, l'équation

$$\frac{d^2H}{dz^2}=h\Phi(z)H \quad (h \text{ indépendant de } z) \tag{4}$$

dépendant du paramètre arbitraire h.

Par suite, l'intégration (1) est ramenée à un problème plus général consistant dans la formation d'équations du type (4) intégrables par quadratures pour h arbitraire.

3. Lorsque $a(x)\neq$ const. est une fonction donnée arbitraire, supposée continue et dérivable, l'équation (4), à l'aide des substitutions [2]

$$z=a(x), \qquad H=\eta\sqrt{a'(x)}, \tag{5}$$

se transforme en

$$\frac{d^2\eta}{dx^2}=\left[h\Phi(a)\,a'^2+\frac{1}{4}\left(\frac{a''}{a'}\right)^2-\frac{1}{2}\left(\frac{a''}{a'}\right)'\right]\eta. \tag{6}$$

---

[1] C. Truesdell, *Transactions of the American Mathematical Society*, 58, 1945, p. 96-166; 61, 1947, p. 128-133.

[2] Les accents désignent des dérivées prises par rapport à x.

En choisissant $a(x)$ sous la condition que

$$\Phi(a)\,a'^2 = 1, \tag{7}$$

l'équation (6) devient

$$\frac{d^2\eta}{dx^2} = [\varphi(x) + h]\,\eta \tag{8}$$

avec

$$\varphi(x) = \frac{1}{4}\left(\frac{a''}{a'}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{a''}{a'}\right)', \tag{9}$$

où $a(x)$ est définie par (7).

PROPOSITION. — *Si l'équation (4) est intégrable pour une forme donnée de $\Phi(z)$, h demeurant arbitraire, l'équation (8) avec $\varphi(x)$ correspondante sera de même intégrable pour h arbitraire, et inversement.*

A l'aide de (5) on passe facilement de l'équation (4) à l'équation (8), où $\varphi(x)$ est défini par (7) et (9).

Inversement, pour passer d'une équation (8) à (4), il faut faire le changement [3]

$$z = \int \frac{dx}{\omega^2(x)}, \qquad \eta = \mathrm{H}\,\omega(x),$$

où $\omega(x)$ désigne une solution de l'équation (8) pour $h = 0$ qui est, par supposition, pour $\varphi(x)$ donné, intégrable, h étant quelconque. La fonction $\Phi(z)$ est définie par les relations

$$\Phi(z) = \omega^4(x), \qquad z = \int \frac{dx}{\omega^2(x)}.$$

Or, nous avons mis en évidence la possibilité d'utiliser les résultats de Darboux [4], de Drach [5] et de nous-même [6] sur l'équation (8), ce qui aura pour effet une formation systématique de suites illimitées de cas de réduction aux quadratures de l'équation du problème d'élasticité considéré par Sokolovsky et Truesdell.

---

(3) Pour faciliter l'écriture, on considère ce changement au lieu de

$$z = \mathrm{C}_1 \int \frac{dx}{\omega^2} + \mathrm{C}_2, \qquad \mathrm{H} = \frac{\sqrt{c_1}}{\omega}\,\eta,$$

avec $\mathrm{C} \neq 0$, C_2 constantes arbitraires.

(4) *Théorie générale des surfaces*, **2**, 1915, p. 210.

(5) *Comptes rendus*, **168**, 1919, p. 47-50 et p. 337-340.

(6) D. S. MITRINOVITCH, *Bulletin de l'Académie serbe des Sciences*, **6**, 1939, p. 121-156.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Théorie du fonctionnement du turbo-réacteur à simple flux.* Note (*) de M. **René Doumerg**, présentée par M. Joseph Pérès.

Détermination, par une méthode graphique nouvelle, combinée avec des calculs, du point de fonctionnement et des performances d'un turbo-réacteur dans ses différentes conditions d'utilisation ou de fonctionnement. On rend compte de l'influence prépondérante des deux régimes possibles d'écoulement à la sortie sur les propriétés et sur l'équation d'équilibre du fonctionnement.

Les performances d'un turbo-réacteur sont déterminées par la température et la pression dans la chambre de combustion, les sections du col du distributeur de turbine et de la tuyère d'éjection, la vitesse de vol, la température et la pression ambiantes.

Sur ces sept paramètres, trois seulement sont indépendants si l'on admet une similitude géométrique possible de la machine et la similitude des écoulements gazeux, six dans le cas contraire.

On peut choisir le rapport ϖ_c de la pression dans la chambre à la pression à l'entrée du compresseur, le rapport ϖ_d des pressions à l'entrée et à la sortie du diffuseur de captation de l'air, le rapport s_1/s_2 des sections au col du distributeur de turbine et de la tuyère d'éjection. Le rapport important θ, de la température dans la chambre de combustion à la température à l'entrée du compresseur, est alors fixé.

Principe de la méthode graphique : réacteur au point fixe.

La détermination du point de fonctionnement se fait dans tous les cas à partir de calculs effectués pour le point fixe, donc faciles à vérifier expérimentalement.

Le débit massique Q dans la tuyère d'éjection est une fonction du rapport de détente dans cette tuyère P_1/P_0 ([1]), de l'état du gaz à son entrée (P_1 et T_1), de l'aire S_2 de sortie, de η_f rendement adiabatique de tuyère.

La notion de débit-réduit conduit à une formule commode applicable quelles que soient T_1, P_1 ou P_0

$$(1) \qquad \frac{Q\sqrt{T_1}}{P_1} = f\left[\frac{P_1}{P_2}, S_2, \eta_f\right].$$

Cette relation peut se représenter graphiquement par un réseau de courbes Γ_1 en portant $Q\sqrt{T_1}/P_1$ en ordonnées et P_1/P_0 en abscisses. S_2 et η_f sont alors des paramètres et l'on peut prendre $\eta_f = 0{,}95$ dans la plupart des cas, S_2 restant seule variable et correspondant à une affinité sur les ordonnées.

(*) Séance du 3 juillet 1950.

([1]) $P_2 = P_0 =$ Pression d'entrée au compresseur au point fixe;
$P_2 = P_0/\varpi_d$ en vol.

L'emploi des coordonnées logarithmiques permet de ramener l'affinité à une translation.

Le débit massique réduit à la sortie des parties tournantes, compresseur et turbine, évidemment égal au précédent, est déterminé par les rapports θ et ϖ_c, les valeurs de η_c et η_t, rendements adiabatiques de compresseur et de turbine, l'aire S_1 du distributeur de turbine dans le cas très général de conditions soniques au col

$$\frac{Q\sqrt{T_1}}{P_1}=f[S_1,\ \varpi_c,\ \theta,\ \eta_c,\ \eta_t].$$

De même P_1/P_0, rapport entre les pressions à la sortie et à l'entrée des parties tournantes s'exprime en fonction de ϖ_c, θ, η_c et η_t

$$(2)\qquad \frac{P_1}{P_1}=f[\varpi_c,\ \theta,\ \eta_c,\ \eta_t] \quad \text{d'où} \quad \frac{Q\sqrt{T_1}}{P_1}=f\left[S_1,\ \frac{P_1}{P_0}\right].$$

La relation (2) peut donc se représenter dans le même système d'axes de coordonnées que la relation (1) et donne un réseau de courbes Γ_2 où η_c, η_t, S_1 sont considérés comme des constantes, ϖ_c et θ comme des paramètres, chaque courbe $\varpi_c=$ const. étant graduée en valeur de θ et inversement. La superposition des systèmes Γ_1 et Γ_2 donne les points de fonctionnement, relation numérique, $\varpi_c=f(\theta)$.

Si les conditions à l'entrée du compresseur changent, l'influence sur le point de fonctionnement se détermine à partir de la théorie des écoulements semblables où tous les rapports de température et de pression en des points homologues restent constants.

Réacteur en vol. — Le fonctionnement en vol du turbo-réacteur diffère du fonctionnement au point fixe, avec des conditions variables à l'entrée du compresseur, uniquement par le fait que P_0 et T_0 sont différentes des conditions ambiantes par suite de l'effet de gavage du diffuseur d'entrée, d'où une contre-pression à l'échappement de la tuyère de sortie différente de la pression à l'entrée du compresseur, qui crée une déformation affine de la courbe de débit de tuyère dans le graphique de superposition et suggère l'emploi des coordonnées logarithmiques.

Applications de la méthode graphique. — Elle permet encore l'étude :

1° des performances dans tous les cas (réacteur à section de sortie variable entre autres);

2° de la quantité de carburant à injecter, indispensable pour établir le régulateur du réacteur;

3° de l'influence des différents paramètres sur les rendements ou la poussée massique;

4° de l'influence du point de fonctionnement sur le pompage du compresseur.

Méthode analytique. — Elle retrouve et complète la plupart des résultats énoncés ci-dessus.

Les réacteurs actuels fonctionnent avec deux régimes d'écoulement à la sortie : vitesse d'éjection subsonique ou supersonique. Les performances du réacteur (rendements, poussées, maximum de ces grandeurs, etc.) peuvent varier notablement, suivant le cas.

Le régime supersonique, de plus en plus important par suite de la tendance actuelle à l'élévation des pressions du cycle, peut conduire à augmenter la section de sortie du réacteur en altitude au lieu de la diminuer (Jumo 004).

L'équation du point de fonctionnement, établie pour les deux régimes, permet la discussion complète de l'influence des conditions de vol ou des paramètres de forme de la machine sur son équilibre. Une régulation, basée uniquement sur la température des gaz après turbine, doit être éliminée.

ASTROPHYSIQUE. — *Contour des raies de Balmer et température superficielle d'une étoile.* Note (*) de M. **Daniel Chalonge** et Mlle **Lucienne Divan**, présentée par M. André Danjon.

Nous avons décrit ([1]) une méthode permettant de déterminer la répartition en valeur absolue de l'énergie dans le spectre continu d'une étoile moyennant la connaissance de la température de couleur du spectre continu ainsi que l'intensité restante au centre des premières raies de Balmer.

La mesure de l'intensité restante soulève quelques difficultés. Examinons les contours des raies de Balmer d'une étoile normale (catégorie V de Morgan) déduits d'un spectre à grande dispersion, par exemple les raies de α Lyr (A0V) ou α CMa (A1V) sur l'Atlas de Hiltner et Williams ([2]), ils se composent d'un noyau central étroit ayant une largeur de l'ordre de l'angström prolongé par des ailes extrêmement développées. Shajn ([3]) explique cette apparence comme un cas limite des contours de raies dans les étoiles à enveloppes : les raies de Balmer seraient la superposition de deux raies, l'une, large et diffuse, produite dans les couches denses où règne un effet Stark important, l'autre, très étroite, due à l'absorption exercée sur l'intensité restante au centre de la raie large par les couches extérieures où la pression électronique est faible.

On peut ainsi distinguer dans les étoiles considérées deux régions assez nettement délimitées, l'étoile proprement dite (région où se manifeste l'effet Stark) et une atmosphère raréfiée (la pseudo-enveloppe) : la zone de séparation peut être regardée comme la *surface de l'étoile.*

(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 215.

([2]) *Photometric Atlas of Stellar spectra* (*Univ. of Mich. Press*, 1946).

([3]) *Izvestia Krimskoï astroph. obs.*, III, 1946, p. 46.

Si, sur le contour d'une raie de Balmer de l'atlas nous coupons le noyau central, nous définissons l'intensité restante r [4] que l'on observerait en l'absence de l'atmosphère raréfiée; la température de brillance relative à cette intensité restante est la température T_0 de la surface que nous venons de définir : nous postulons évidemment que les raies H_β, H_γ, H_δ, ... conduisent à la même valeur T_0.

Les valeurs de r que l'on déduit ainsi de l'atlas de Hiltner et Williams sont contenues dans le Tableau I [5].

TABLEAU I.

	H_β.	H_γ.	H_δ.
α Lyr...........	0,315	0,225	0,215
α CMa..........	0,305	0,255	0,215

Si l'on adopte les valeurs T_1, T_2, D données par les premières colonnes du tableau II on calcule aisément par la seconde méthode de la Note [1] les valeurs de T_0, p_1, p_2 contenues dans les colonnes suivantes.

TABLEAU II.

	T_1.	T_2.	D.	T_0.	p_1.	p_2.
α Lyr.........	16500	11000	0,47	7100	0,26	0,30
α CMa........	14300	10350	0,48	7100	0,34	0,33

Les valeurs de T_0 sont comparables aux températures d'excitation obtenues par Aller [6] et celles de p_1 et p_2 absolument du même ordre de grandeur que celles qui ont été données récemment [7].

Connaissant p_1, la magnitude m_v et la parallaxe ϖ de chacune des deux étoiles, on peut calculer les rayons $r_\star/r_\odot$ par la formule (1) de la Note [1]. Les données et les résultats sont contenus dans le tableau III.

TABLEAU III.

	m_v	ϖ''	$r_\star/r_\odot$
αLyr..........	+0,14	0,123	2,75
αCMa.........	−1,52	0,376	1,95

Les valeurs obtenues pour les rayons sont en accord satisfaisant avec celles que l'on admet généralement.

---

(4) *Voir* la définition de r dans la Note (1).

(5) Les valeurs de r du Tableau I sont comparables à celles obtenues par E. G. Williams et par Günther : cela tient à ce que le noyau de la raie disparaît automatiquement lorsque la dispersion employée n'est pas très grande. Lorsqu'on utilise les données des deux auteurs cités on applique donc *ipso facto* la méthode que nous décrivons à propos de α Lyr et de αCMa.

(6) *Ap. J.*, 96, 1942, p. 231.

(7) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 720.

Les résultats qui ont été exposés dans la présente Note et dans la Note précédente ([1]) sont autant d'arguments en faveur de la méthode qui vient d'être utilisée pour l'étude, en valeur absolue, des rayonnements continus stellaires. Mais il reste néanmoins probable que les températures T_0 que la méthode permet d'atteindre ne sont que des approximations, sans doute satisfaisantes, de la température de la surface (elle-même assez mal définie) de l'étoile. Il serait désirable de préciser l'écart qui peut exister entre T_0 et la température superficielle.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Application de la transformation de Laplace à l'équation de l'opérateur d'évolution.* — Note (*) de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Étant donné un système conservatif d'hamiltonien : $\mathbf{H} = \mathbf{H}^0 + \mathbf{R}$ ne contenant pas explicitement le temps, il a été établi ([1]) que son opérateur d'évolution $\mathcal{U}(t)$ satisfait à l'équation

$$\mathcal{U}(t) = \mathcal{U}^0(t) + \int_0^t \mathcal{F}(t-\tau)\,\mathcal{U}(\tau)\,d\tau, \tag{1}$$

$\mathcal{U}^0(t)$ étant l'opérateur d'évolution du système non perturbé. Nous nous proposons d'étudier la transformée de Laplace de cette équation

$$\mathcal{L} = \lambda \int_0^\infty e^{-\lambda t}\{\cdot\}\,dt, \quad \mathcal{L}^{-1} = \frac{1}{2i\pi}\int_\Gamma \frac{e^{\lambda t}}{\lambda}\{\cdot\}\,d\lambda \tag{2}$$

Γ étant une droite parallèle à l'axe imaginaire, à droite de laquelle la fonction argument de $\mathcal{L}^{-1}$ ne possède aucun point singulier. L'opérateur $\mathcal{U}(t)$ sera étudié pour $t > 0$ car $\mathcal{L}^{-1}$ fournit une fonction $\equiv 0$ pour $t < 0$.

2. En supposant que l'on choisisse une certaine représentation pour les opérateurs $\mathcal{U}$ on pourra définir $\mathcal{L}\mathcal{U}$ et en appliquant la règle du produit de composition ([2]), l'équation (2) s'écrit

$$\mathcal{L}\mathcal{U} = \mathcal{L}\mathcal{U}^0 + \mathcal{L}\mathcal{F}.\mathcal{L}\mathcal{U}, \tag{3}$$

équation non algébrique mais intégrale à cause du caractère opératoriel des grandeurs qui y entrent. Nous allons montrer en prenant la représentation de M. Feynman ([3]) à l'aide des densités spatiales que la méthode préconisée

(*) Séance du 17 juillet 1950.

([1]) A. Visconti, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1745, form. 2.

([2]) K. W. Wagner, *Operatorenrechnung*, p. 62, form. IX, Leipzig 1940.

([3]) R. P. Feynman, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 749 ou A. Visconti, *loc. cit.*, form. 4, 5, 6 et 7, p. 1746.

permet une résolution explicite du problème. Dans cette représentation l'équation (1) s'écrit

$$(4)\quad K(x,t;\xi)=K^0(x,t;\xi)-i\hbar\int_0^t\int_\Omega K^0(x,t;\xi_1,\tau_1)\,R(\xi_1)\,K(\xi_1,\tau_1;\xi)\,d^3\xi_1\,d\tau_1$$

où $K^0(x,t;\xi,\tau)=\Sigma_n\Phi_n^\star(\xi)\Phi_n(x)e^{-i/\hbar E_n(t-\tau)}$. Appliquant à cette équation la transformation de Laplace et désignant par des lettres minuscules les transformés obtenus il vient l'équation traduisant (3) :

$$(5)\quad k(x,\lambda;\xi)=k^0(x,\lambda;\xi)-\frac{i\hbar}{\lambda}\int_\Omega k^0(x,\lambda;\xi_1)\,R(\xi_1)\,k(\xi_1,\lambda;\xi)\,d^3\xi_1,$$

3. Or k^0 est symétrique hermitien, on peut lui appliquer une méthode analogue à celle de E. Schmidt ([4]). Multiplions (5) par $R(x)$ et posons

$$(6)\quad R(x)\,k(x,\lambda;\xi)=\Sigma_k\gamma_k\Phi_k(x),\qquad R(x)\,k^0(x,\lambda;\xi)=\Sigma_k c_k\Phi_k(x),$$

en posant $\mathcal{L}e^{-(i/\hbar)E_nt}=\lambda/[\lambda+(i/\hbar)E_n]=a_n$, on voit qu'entre les γ_k et les c_k existe la relation

$$(7)\quad \Sigma_k\gamma_k\Phi_k(x)=\Sigma_kc_k\Phi_k(x)-\frac{i\hbar}{\lambda}R(x)\,\Sigma_k a_k\gamma_k\Phi_k(x).$$

Or

$$c_k=\Sigma_n a_n\Phi_n^\star(\xi)\int\Phi_k^\star(\xi_1)\,R(\xi_1)\,\Phi_n(\xi_1)\,d^3\xi_1=\Sigma_n a_n\Phi_n^\star(\xi)R_{nk},$$

de sorte que l'on trouve

$$(8)\quad k(x,\lambda;\xi)=\Sigma_{n,k}\frac{\lambda\left(\lambda+\frac{i}{\hbar}E_k\right)}{\left(\lambda+\frac{i}{\hbar}E_n\right)\left(\lambda+\frac{i}{\hbar}E_k+i\hbar R(x)\right)}\Phi_n^\star(\xi)\,R_{nk}\,\Phi_k(x).$$

4. Les densités de probabilités d'une grandeur G ne dépendant pas explicitement de t peuvent être étudiées dans la représentation λ, en effet une telle densité s'écrit : $G^\star(x)\mathcal{U}(t)\psi^0=\int G^\star(x)K(x,t;\xi)\psi^0(\xi)\,d^3\xi$ et l'on peut prendre la transformée de Laplace des deux membres : K se trouve remplacé par k. On sait qu'à de petites valeurs de t correspondent de grandes valeurs de λ et inversement ([5]) : d'où la possibilité d'étudier le comportement qualitatif des probabilités.

5. On peut écrire l'expression de $K(x,t;\xi)$ au moyen de l'intégrale de Bromwich-Wagner ou transformation $\mathcal{L}^{-1}$: elle se calcule au moyen de résidus en prenant le contour formé par une demi-circonférence centrée à l'origine, située dans le plan $R\lambda<0$ admettant l'axe imaginaire comme diamètre et de

---

([4]) E. GOURSAT, *Cours d'Analyse mathématique*, t. III, 2e éd., p. 457.

([5]) K. W. WAGNER, *loc. cit.*, p. 51, form. (II_a) et (II_b).

rayon infini, les pôles situés sur cet axe étant entourés de demi-circonférences à convexités tournée vers la droite. On trouve

$$(9)\qquad K(x, t; \xi) = \frac{1}{R(x)} \Sigma_{k,n} \frac{1}{\frac{E_k - E_n}{\hbar^2} + R(x)} \left\{ \frac{E_k - E_n}{\hbar^2} e^{-\frac{i}{\hbar} E_n t} + R(x)\, e^{-\frac{i}{\hbar}(E_k + \hbar^2 R(x)) t} \right\} \times \Phi_n^*(\xi) R_{nk} \Phi_k(x)$$

fonction qui se réduit bien à une fonction $\delta(x - \xi)$ pour $t = 0$. On peut, par intégration sur ξ, passer à la fonction d'onde $\Psi(x, t)$. Le résultat est particulièrement simple si la mesure initiale est une mesure d'énergie et donne E_ν pour le système non perturbé

$$(10)\qquad \Psi(x, t) = \frac{1}{R(x)} \Sigma_k \frac{1}{\frac{E_k - E_\nu}{\hbar^2} + R(x)} \left\{ \frac{E_k - E_\nu}{\hbar^2} e^{-\frac{i}{\hbar} E_\nu t} + R(x)\, e^{-\frac{i}{\hbar}(E_k + \hbar^2 R(x)) t} \right\} \times R_{\nu k} \Phi_k(x),$$

qu'on peut écrire en posant

$$S_k^{(\nu)} = E_k - E_\nu + \hbar^2 R(x),$$

$$(11)\qquad \Psi(x, t) = \Phi_\nu(x)\, e^{-\frac{i}{\hbar} E_\nu t} + \hbar^2 e^{-\frac{i}{\hbar} E_\nu t} \Sigma_k \frac{e^{-\frac{i}{\hbar} S_k^{(\nu)} t} - 1}{S_k^{(\nu)}} R_{\nu k} \Phi_k(x).$$

6. La formule ainsi obtenue peut apporter quelques précisions sur l'intervention des énergies positives et négatives du système non perturbé dans l'expression de Ψ : on voit, en particulier, qu'en vertu de la formule (6), la solution contiendra uniquement les fonctions Φ_k entrant dans le développement de $R(x) k^0(x, t; \xi)$.

PHYSIQUE DES SURFACES. — *Influence de la pression et de la longueur de la chaîne sur la désorption.* Note (*) de Mme **Lisbeth Sharaga**, transmise par M. Jean Cabannes.

L'étude de la désorption sous pression constante d'un film d'acide laurique, à différentes pressions, et d'un film d'acide myristique vers 10 dyne/cm confirme que la désorption est régie par la diffusion. Cette étude permet la détermination des constantes de diffusion de ces corps (très peu solubles) et la vérification de la loi de Traube pour les acides à longue chaîne.

Une Note antérieure [1] a été consacrée aux lois générales de la désorption d'un film d'acide laurique (étalé sur N/100 HCl) sous une pression donnée.

Le présent travail est relatif à l'influence de la pression sur la vitesse de

(*) Séance du 17 juillet 1950.

(1) Sharaga, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 46.

désorption (²). Cette vitesse a été déterminée (pour l'acide laurique) sous des pressions variant de 2 à 20 dynes/cm vers 19° C.

a. Régime variable. — Les valeurs de $k_v = (\Delta \mathrm{Log} S/\Delta \sqrt{t})$ ont été portées en fonction de la pression sur la figure 1 A. La durée du régime variable paraît peu modifiée par la pression.

b. Régime permanent. — Les valeurs de $k_p = (\Delta \mathrm{Log} S/\Delta t)$ ont été portées en fonction de la pression sur la figure 1 B.

Calcul de la constante de diffusion D. — D'après l'équation (IV), (¹), on a

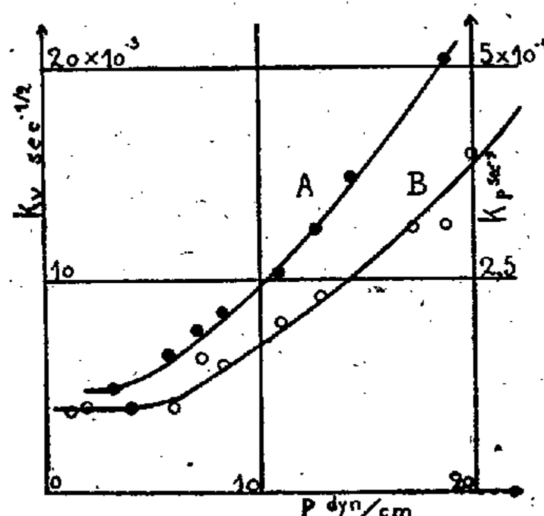


Fig. 1.

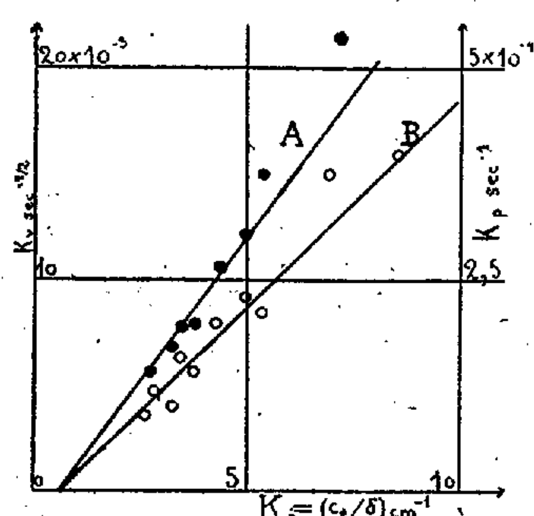


Fig. 2.

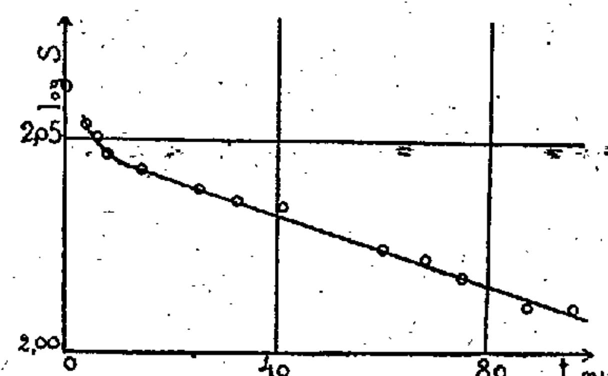


Fig. 3.

Fig. 1. — Vitesses de désorption en fonction de la pression. Liquide HCl 0,01 N; temp. 19° C; régime variable (A, points noirs); régime permanent (B) (ac. laurique).

Fig. 2. — Vitesses de désorption en fonction du coefficient d'adsorption (C_a/δ). Liquide HCl 0,01 N; temp. 19° C; régime variable (A, points noirs); régime permanent (B) (ac. laurique).

Fig. 3. — Désorption de l'acide myristique (22 °C).

(pour une pression donnée) $k_v = 2(C_a/\delta\sqrt{D/\pi})$ (C_a étant la concentration d'une solution en équilibre avec une couche de densité superficielle δ). Si, pour différentes pressions, on porte k_v en fonction de (C_a/δ), on doit obtenir une droite passant par l'origine (en admettant que la constante de diffusion est indépendante de la pression). C'est à peu près ce que donne l'expérience. La pente de cette droite donne la constante de diffusion, savoir, pour l'acide laurique, $D = 5{,}7.10^{-6}$ cm²/sec en assez bon accord avec la valeur calculée [en supposant la molécule sphérique (³)], ou avec la valeur mesurée par l'ion laurate (⁴).

Calcul de l'épaisseur ε *de la couche de diffusion.* — Référons-nous à l'équation (VI), (¹) : $k_p = (C_a/\delta)(D/\varepsilon)$. Si l'on porte pour différentes pressions k_p en

(²) Avant que j'aborde cette question, quelques mesures de ce type avaient été faites par Mlle Raison et M. Matalon.

(³) Guastalla et Mibashan-Sharaga, *Surface Chemistry*, 1949, p. 103.

(⁴) Mc Bain et Tsun Hsien Liu, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 57; Lamm, *Kolloid. Z.*, 98, 1942, p. 45.

fonction de (C_a/δ) on doit trouver une droite passant par l'origine. La pente permet de calculer l'épaisseur ε, si l'on connaît la valeur constante de D. On trouve $\varepsilon = 0^{mm},8$ du même ordre de grandeur que la valeur calculée pour une pression unique ([3]).

Remarquons que le rapport de $k_p/k_v = R_L = (\sqrt{\pi}/2)\sqrt{D}/\varepsilon = 1,8.10^{-2}$ est théoriquement et expérimentalement indépendant de la pression de 3 à 19 dynes/cm. Il ne dépend que de la constante de diffusion dans le liquide.

Désorption de l'acide myristique. — La courbe de désorption (vers 10 dynes/cm, *fig.* 3) est analogue à celle de l'acide laurique. La vitesse de désorption est environ dix fois plus petite : $k_v = 9,7.10^{-4}\,\mathrm{sec}^{-1/2}$, $k_p = 1,6.10^{-5}\,\mathrm{sec}^{-1}$. Le rapport $R_M = k_p/k_v$ pour l'acide myristique est égal à $1,6.10^{-2}$. Comme ε est indépendant de la longueur de la chaîne, on a $R_L/R_M = \sqrt{D_L/D_M}$. Connaissant la constante de diffusion de l'acide laurique on en déduit la constante de diffusion de l'acide myristique, savoir $D_M = 4,6.10^{-6}\,\mathrm{cm}^2/\mathrm{sec}$. L'intérêt de cette détermination réside dans le fait que l'acide myristique est pratiquement insoluble.

Conclusions. — De ce qui précède il résulte que si la désorption est régie par la diffusion, les deux facteurs qui déterminent la vitesse du phénomène de désorption ou du phénomène inverse (la stabilité des couches superficielles) sont : *a.* la constante de diffusion, et *b.* le rapport $(C_a/\delta) = K_a$ (que j'appellerai coefficient d'adsorption).

J'ai calculé pour l'acide myristique (pratiquement insoluble) la valeur de son coefficient d'adsorption K_a à partir de l'équation (IV), ([4]) et des données du paragraphe précédent (k_v, D). On a $K_a = 0,43\,\mathrm{cm}^{-1}$. Cette valeur est environ neuf fois plus faible que celle de l'acide laurique à même pression et température voisine. On trouve le nombre neuf pour le rapport des tensio-activités de deux acides, déterminé par la loi de Traube-Duclaux ([5]).

La concordance entre la valeur déterminée de la constante de diffusion et celle calculée à partir de l'équation d'Einstein ([3]) (où j'ai admis que le coefficient de viscosité est celui de l'eau) nous montre que la viscosité dans la couche de diffusion est très proche de celle de l'eau (sauf peut-être dans une région très voisine de la surface).

OPTIQUE. — *Étude de la variation du facteur de réflexion de la vapeur de mercure en fonction de la pression pour deux des composantes hyperfines de la raie de résonance* $\lambda = 2537$. Note (*) de M. **Jean-Louis Cojan**, présentée par M. Jean Cabannes.

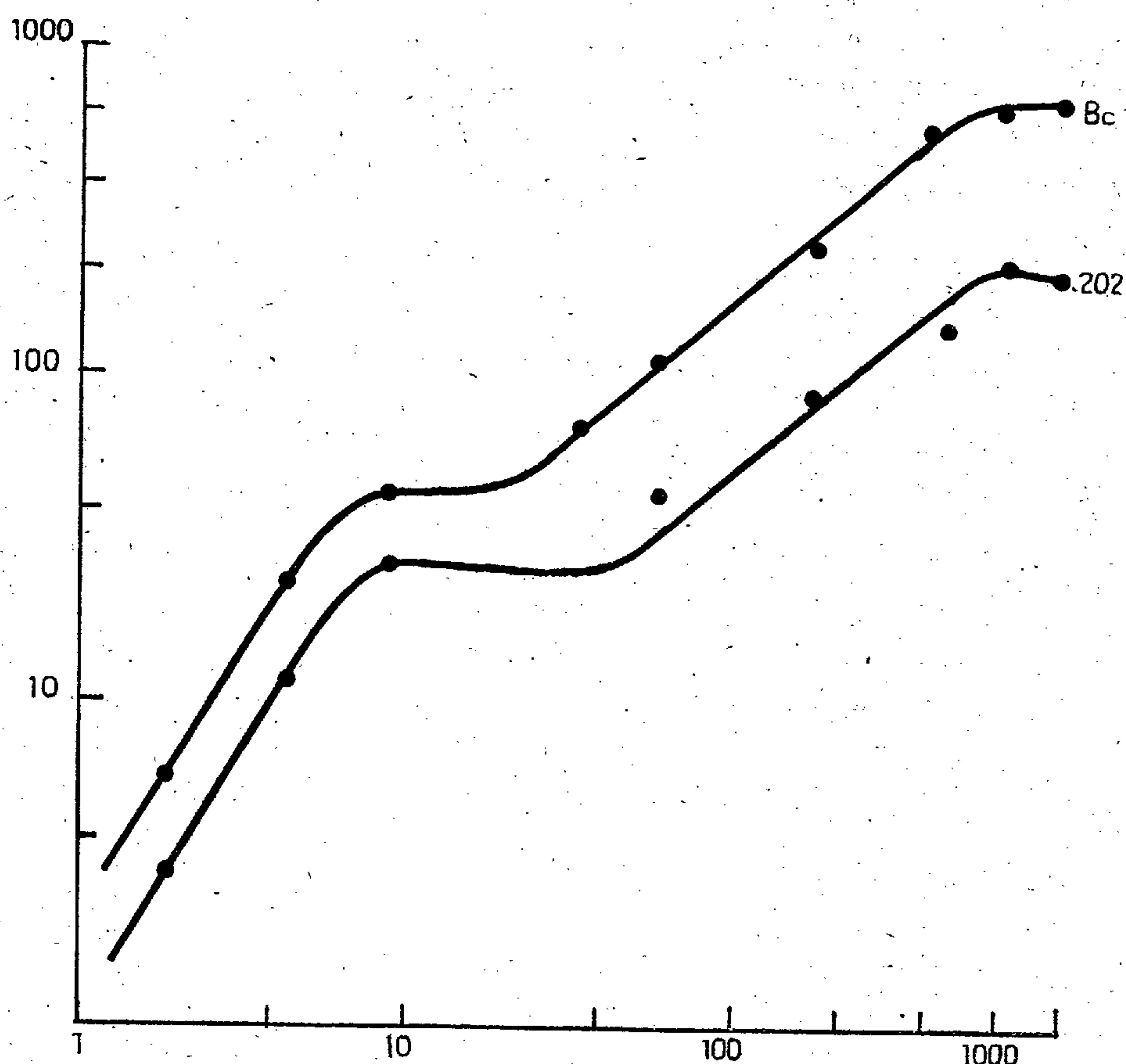
On reçoit sur un filtre magnétique ([1]) la radiation de résonance $\lambda = 2537$. Le filtre isole et polarise soit la composante hyperfine X_{202} (isotope 202), soit

([5]) *Cf.* J. Duclaux, *Act. Scient. Ind.*, 128, 1934, p. 32.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) J. L. Cojan et R. Lennuier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 670.

la composante hyperfine B*c* (isotopes 199 et 201). Chacune d'elles a sensiblement le profil spectral d'agitation thermique. Le faisceau est ensuite dédoublé et vient former par deux voies différentes A et B une même image sur la photocathode d'une cellule 1 P 28. La voie A traverse une lame de silice fondue L_1 et éventuellement une lame de quartz perpendiculaire capable de faire tourner de 90° le plan de polarisation; la lumière est ensuite réfléchie par la cuve à réflexion sélective C, dans laquelle on peut régler la pression de la vapeur de mercure, puis par une seconde lame de silice fondue L_2. La lumière qui suit la voie B est réfléchie sur L_1, puis sur un miroir M et traverse enfin L_2. Un réglage approprié amène exactement en coïncidence les images provenant des deux voies A et B.



En interceptant la voie A on mesure l'intensité lumineuse $J_0 = \int I(\nu)\,d\nu$ émise par la source et l'on s'assure de sa stabilité. En interceptant la voie B on mesure l'intensité réfléchie sélectivement dans le profil Doppler $J_1 = \int I(\nu)\,\rho(\nu)\,d\nu$, $\rho(\nu)$ désignant le facteur de réflexion de la cuve C pour la fréquence ν. Pour

avoir J_1 en valeur absolue on peut abaisser d'abord la température de la cuve C, pour qu'elle fonctionne comme un dioptre silice-vide auquel on appliquera les formules de Fresnel.

D'autre part l'intervalle $\Delta\nu_D$ sur lequel s'étend le profil Doppler est beaucoup plus étendu que celui $\delta\nu$ dans lequel se produit l'évolution de la réflexion sélective lorsqu'on fait varier entre 0 et 1^{cm} la pression de la vapeur de mercure dans la cuve C. Pour séparer au mieux le rayonnement réfléchi sélectivement (domaine $\delta\nu$) du rayonnement qui subit pratiquement la réflexion d'un dioptre silice-vide (partie de $\Delta\nu_D$ extérieure à $\delta\nu$), on règle l'incidence et la polarisation de manière à éteindre la réflexion du dioptre silice-vide.

Les courbes ci-jointes représentent les résultats obtenus. On y a porté en abscisses les logarithmes des pressions exprimées en millimètres de mercure; en ordonnées, ceux des facteurs de réflexion exprimés en dix-millièmes.

L'examen des courbes montre que :

1° Pour des pressions de vapeur réfléchissante inférieures à 1^{cm}, les facteurs de réflexion varient comme p^2, la radiation Bc étant deux fois plus réfléchie que la radiation X_{202};

2° Pour des pressions comprises entre 1 et 5^{cm}, les facteurs de réflexion se stabilisent avant de croître de nouveau, croissance qui recommence plus vite pour Bc que pour X_{202};

3° Pour des pressions supérieures à 5^{cm} les facteurs de réflexion varient comme p, Bc étant réfléchi trois fois plus que X_{202}.

Une explication théorique de ces phénomènes sera donnée ultérieurement.

RAYONS X. — *Contribution au problème de la virulence des bacilles acido-alcoolo-résistants grâce aux rayons* X. *Examen de corps bacillaires par diffraction de rayons* X. Note (*) de MM. **Jean Paraf, Jean Desbordes** et **Fernand Fournier**, présentée par M. René Barthélémy.

La question de la virulence offre, on le sait, un intérêt considérable dans l'examen des germes acido-alcoolo-résistants. Il est vraisemblable d'admettre que l'action des poisons du bacille, agents des réactions tissulaires : lipides ou protéines, plus probablement glucido-lipides, sur lesquels deux d'entre nous ont antérieurement apporté des précisions [1], conditionne cette virulence. Celle-ci, en réalité, est très variable. Il y a, en effet, d'énormes différences de virulence entre les bacilles bovin, humain et aviaire, par exemple. Certains auteurs pensent que celle-ci tient à des différences de constitution chimique. Pour d'autres, elle est conditionnée par des propriétés physiques.

Nous avons pensé que l'étude de la diffraction aux rayons X à travers les

---

(*) Séance du 24 juillet 1950.

[1] J. Paraf et J. Desbordes, *Ann. Inst. Pasteur*, 71, 1945, p. 297.

corps bacillaires ou leurs produits d'extraction pouvait apporter une utile contribution à l'étude de ce problème.

L'un de nous (²) a examiné au moyen d'appareils classiques de diffraction de rayons X un certain nombre de germes de souches diverses en particulier, un certain nombre de cultures de *Mycobacterium tuberculosis*.

Suivant notre première technique il avait semblé nécessaire de laver et centrifuger les prélèvements pour éviter d'entraîner des fragments du milieu de culture. Par la suite nous avons examiné les échantillons prélevés directement sur le milieu en prenant simplement quelques précautions pour obtenir des germes sans impuretés. Nous avons trouvé que les deux anneaux caractéristiques de cette bactérie, dont les distances interréticulaires sont 4,4 UÅ et 5,2 UÅ présentaient les caractéristiques suivantes :

L'anneau 4,4 UÅ se retrouve sans altération dans toutes les souches et paraît présenter une partie stable de la structure de la bactérie.

L'anneau 5,2 UÅ au contraire présente une intensité qui paraît fonction de l'âge et de la virulence du germe.

Pour certaines cultures très virulentes et récentes, l'anneau 5,2 est aussi intense que le 4,4. Pour des cultures anciennes de 3 à 6 mois, l'intensité de 5,2 diminue régulièrement. Pour les germes para-tuberculeux, cet anneau disparaît presque complètement.

Sur des cultures très virulentes nous avons prélevé une certaine quantité de bacilles que nous avons mis en contact pendant 6 heures avec une solution de $0^{ms},1$ de streptomycine pour 10^{cm^3} de sérum physiologique. Après centrifugation le produit examiné donnait un diagramme sur lequel l'anneau 5,2 UÅ avait totalement disparu.

Par ailleurs, nous avons pensé que certains acides gras pourraient être responsables de cette cristallisation particulière des bacilles et nous avons essayé de mettre en évidence une variation de la tension interfaciale huile neutre - eau lorsque cette huile contient une certaine quantité de *Mycobactérium tuberculosis* vivants et virulents. Nous avons employé la méthode classique de Lecomte du Nouy avec des concentrations de 1^{mg} de bacilles secs dispersés dans 10^{cm^3} d'huile. Nous n'avons pas observé de variation de tension (³) après six heures de contact. Les germes utilisés étaient prélevés directement sur culture de Lowenstein, séchés sous vide, puis dissociés par agitation dans l'huile neutre.

Les résultats obtenus dans l'examen des bacilles par diffraction de rayons X

(²) F. Fournier, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 37-38.

(³) Un essai effectué sur une culture de bacille para-tuberculeux ancienne a montré une légère activité, mais nous pensons que cette culture a été contaminée au cours de manipulations antérieures aux essais.

nous paraissent donc fort nets. C'est là, on le voit, une méthode qui est susceptible de fournir des renseignements précieux sur la virulence des souches ou des bacilles isolés de produits pathologiques.

PHOTOCHIMIE. — *Transferts d'énergie entre l'azote actif et le sodium, le potassium et l'antimoine.* Note (*) de M. **André Finkelstein**, présentée par M. Paul Pascal.

On a déjà vu que l'azote actif libéré par thermolyse d'azoture d'argent est capable d'exciter des fluorescences ultraviolettes dans certaines vapeurs métalliques, particulièrement le mercure ([1]). Les transferts ont lieu entre les niveaux de grandes énergies des éléments y participant.

R. Audubert et J. Mattler ([2]) ont montré que la décomposition thermique des azotures de sodium et de potassium ne donne lieu à aucune émission, à la pression atmosphérique. Cependant, en entraînant par un fort courant d'azote les germes de sodium, on retrouve l'émission habituelle de l'azote actif.

La décomposition sous vide des azotures alcalins ne donne aucune émission décelable, que l'expérience soit faite sans entraînement ou avec l'entraînement limité réalisable à l'aide des pompes.

D'autre part, en décomposant de l'azoture d'argent sous vide en présence de vapeur de métaux alcalins, l'émission ultraviolette réapparaît et peut être décelée grâce aux photocompteurs à iodure de cuivre/alcool de R. Audubert. La tension de vapeur du sodium dans les conditions expérimentales est de 10^{-2} mm; l'émission ainsi obtenue, toutes choses égales, est quatre fois plus intense que pour l'azoture d'argent seul (*fig.* 1) quand l'expérience est réalisée sans entraînement, douze fois plus intense avec entraînement, c'est-à-dire en maintenant la pression à sa valeur minimum. Il y a donc excitation du sodium et réémission de fluorescence. Le fait que l'émission est plus grande à basse pression peut s'expliquer d'une part par l'absorption due aux atomes de sodium (renversement des raies), d'autre part par la formation de molécules de sodium, comme l'ont montré des mesures de tension de vapeur ([3]).

Pour le potassium, la tension de vapeur est voisine de $0^{mm},1$ à $272°$. Dans ces conditions on n'observe qu'une émission inférieure à celle de l'azoture d'argent seul, la réabsorption étant sans doute très importante. Il est cependant probable que le potassium est excité par l'azote actif, ce qui correspondrait aux observations de Strutt ([4]), dans la postluminescence de l'azote excité électroniquement.

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) A. Finkelstein, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1864.

([2]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1639.

([3]) A. Jablonski, P. Pringsheim et R. Rompe, *Z. Physik* 77, 1932, p. 26.

([4]) R. Strutt et A. Fowler, *Proc. Roy. Soc. London*, A. 86, 1912, p. 105-117.

La tension de vapeur de l'antimoine est inférieure à 10^{-4} mm à la température des expériences. La pression partielle obtenue avec 200^{mg} de cet élément

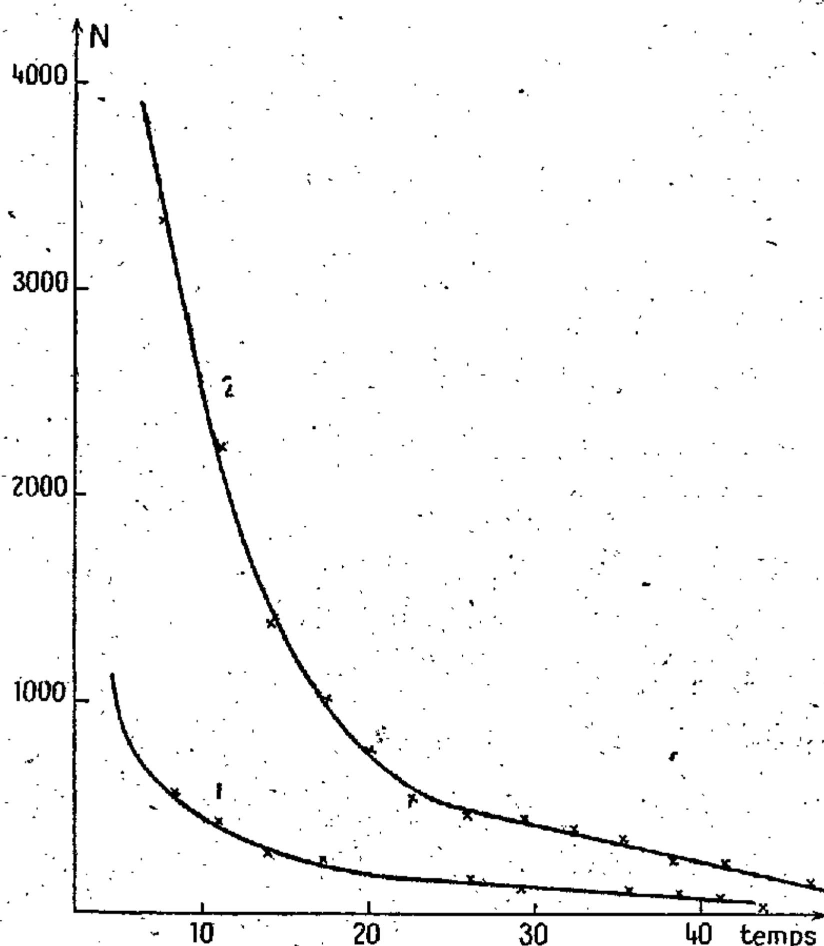


Fig. 1.

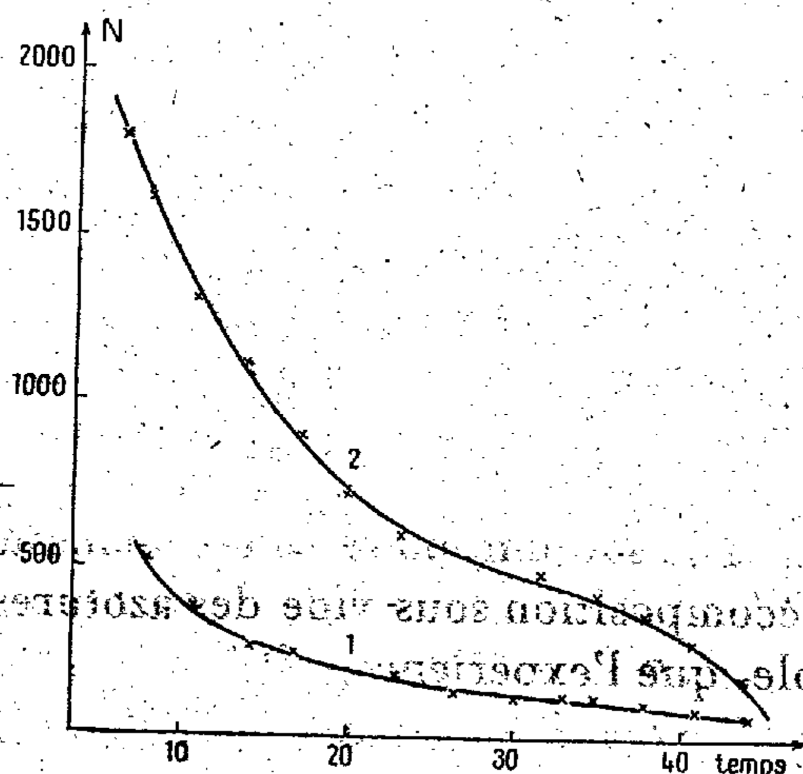


Fig. 2.

Fig. 1. — Transfert azote-sodium.
1, N_3Ag, 272°. Sans entraînement : fenêtre I, s : 56; 2, N_3Ag et Na, 272°. Sans entraînement : fenêtre I, s : 47.

Fig. 2. — Transfert azote-antimoine.
1, N_3Ag, 272°. Entraînement : fenêtre I, s : 45; 2, N_3Ag et Sb, 272°. Entraînement : fenêtre I, s : 42.

est cependant suffisante pour éteindre complètement l'émission de l'azoture d'argent. Par contre en réduisant à 2^{mg} la quantité d'antimoine utilisée, l'émission est environ trois fois plus intense que pour l'azote seul (*fig.* 2). Il y a donc émission de fluorescence de l'antimoine. Dans le domaine d'observation, de 1900 à 2700 Å, les raies principales de cet élément sont situées à 2068, 2176, 2311 et 2598 Å ; les raies 2068 et 2176 sont des raies de résonance à fort renversement. Ceci explique la forte absorption de la vapeur d'antimoine dans ce domaine. La formation très aisée de molécules Sb_2, même à faible pression, doit contribuer également à la réabsorption du rayonnement [5].

---

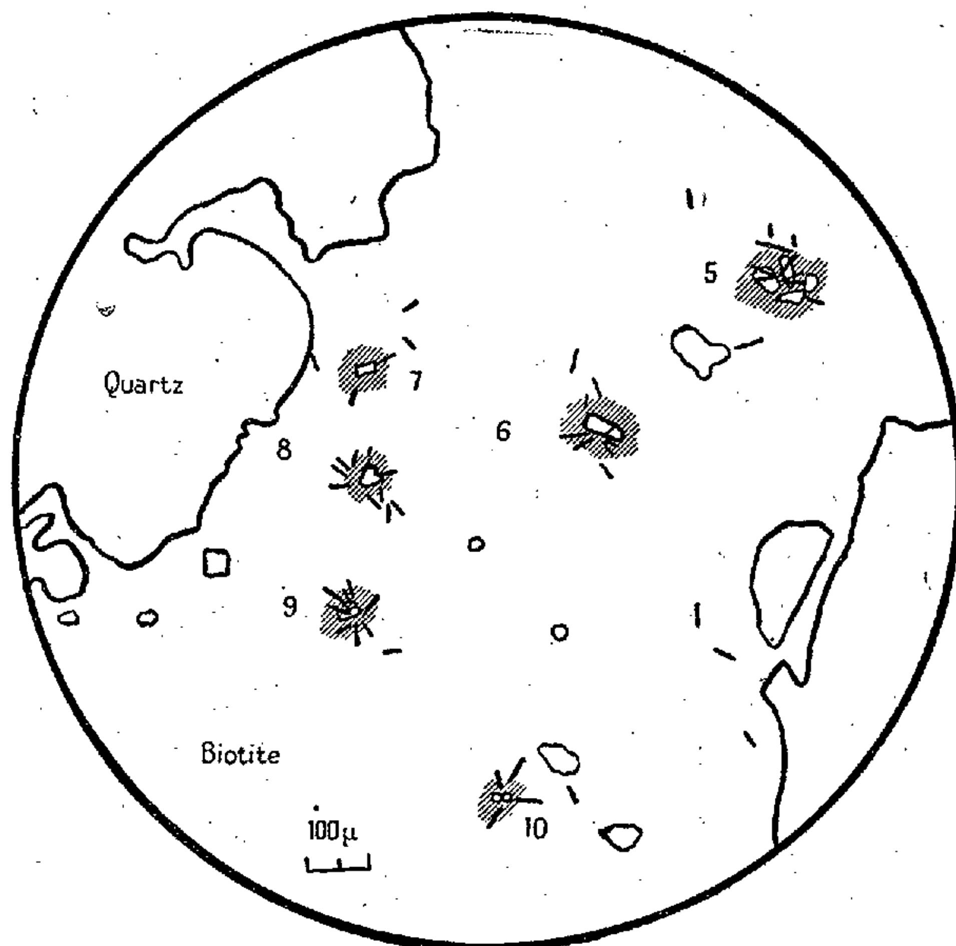
[5] TERENIN, *Z. Physik*, 31, 1925, p. 26; 37, 1926, p. 98.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'activité des petits cristaux à halo pléochroïque contenus dans un granite.* Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude, par photographie de la radioactivité d'un granite (Coll. de M. Demay), conduit aux résultats suivants ([1]). Un échantillon pulvérisé donne le nombre de rayons émis par centimètre carré et par seconde et le rapport $C_{Th}/C_U = 2,8$, des teneurs en Th et en U de l'ensemble. Un échantillon poli montre des inclusions radioactives diverses n'émettant que 62 % de l'activité totale et dont le rapport $C_{Th}/C_U \simeq 1,8$

En dehors de ces inclusions existent quelques rayons α, inégalement répartis mais parfois groupés.

On voit donc qu'un tiers de l'activité ne provient pas des inclusions étudiées et est en grande partie due à du Th. En outre la répartition des trajectoires laisse supposer l'existence de cristaux, très peu actifs ou très petits, difficiles à identifier sur une roche polie.



Granite de Bretagne (coll. de M. Demay).
Quelques inclusions à halo pléochroïque et les trajectoires des rayons α émis en 200 heures.

Pour mieux déterminer l'origine des rayons α isolés nous avons impressionné les émulsions avec des plaques minces du granite. Le contact avec la couche

(*) Séance du 15 mai 1950.

([1]) R. Coppens, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1218; **228**, 1949, p. 1938; **229**, 1949, 1221; *Thèse*, p. 1949.

sensible paraît mieux établi qu'avec un échantillon poli et l'on peut repérer exactement les différentes parties de la roche en éclairant l'émulsion à travers la lame mince avant le développement ([2]).

On constate que les biotites contiennent un grand nombre de petits cristaux à halo pléochroïque et que l'émulsion porte à leur emplacement plusieurs rayons groupés, ce qui permet la mesure de l'activité.

	Surface du cristal (en μ^2).	Durée de la pose (en h).	Nombre de rayons α émis pendant la pose.	Nombre de rayons α émis par cm^2 et sec.	Observations.
1	9 000	140	19	0,41	
		200	37	0,55	3 rayons de ThC′
2	3 000	140	8	0,55	
		200	8	0,38	
3	4 000	140	20	1,0	
		200	32	1,1	
4	3 150	140	5	0,34	
		200	13	0,62	
5	4 000	140	10	0,5	
		200	13	0,45	
6	3 240	140	3	0,19	
		200	10	0,44	1 rayon de ThC′
7	1 250	140	4	0,63	
		200	2	0,23	
8	3 500	140	12	0,71	
		200	13	0,52	1 rayon de ThC′
9	2 000	140	4	0,4	
		200	8	0,56	
10	200	200	4	3	
11	10 000	70	13	0,55	1 rayon de ThC′

La plupart des cristaux émettent donc par centimètre carré et par seconde, un nombre N de rayons α de l'ordre de quelques dixièmes et, sur un nombre restreint de trajectoires existent parfois plusieurs rayons de ThC′ (plus de 7^{cm} d'air). Ces cristaux semblent donc avoir la même activité que les grands cristaux à faible teneur en Th déjà signalés ([1]) et qui émettent de 0,15 à 0,5 rayons α par centimètre carré et par seconde.

Deux exceptions doivent être faites. Le cristal 3 a une activité plus grande et sur 52 trajectoires n'en présente pas une de plus de 7^{cm} d'air. Il peut cependant appartenir au groupe précédent car nous avons rencontré dans un granite

---

([2]) Renardier, *Institut du Ra Paris.* (non publié); Mme Hée, *Ann. Géophys.*, 4, fasc. 3, 1948; E. Picciotto, *Bull. Soc. Belge Géol.*, 58, fasc. 1, 1949.

d'Angers des cristaux à Th émettant 0,8 rayon α par centimètre carré et par seconde.

Le cristal 10 émet 3 rayons α par centimètre carré et par seconde. Il a approximativement l'activité trouvée pour de nombreux cristaux à faible teneur en U.

Il existe des inclusions plus petites mais encore visibles et qui n'émettent que 1 ou 2 rayons α en 200 heures. Leur activité peut être difficilement calculée. Certaines régions sans cristaux visibles semblent très faiblement radioactives. Des travaux en cours préciseront ce point. Nous n'avons trouvé, en dehors des biotites, et en exceptant les gros cristaux, qu'un petit nombre de rayons α. Ceci confirme les travaux de Piggot ([3]) qui indiquent une activité plus forte dans les micas.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *La modulation du flux de neutrons dans le réflecteur d'une pile sous l'effet de l'absorption et de la diffusion*. Note (*) de MM. **Victor Raievski** et **Jacques Yvon**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Composante harmonique fondamentale de la perturbation produite par l'oscillation d'un bloc plus diffusant qu'absorbant. Effet d'additions de bore. Théorie du phénomène par le cumul d'une perturbation locale, en phase, et d'une modulation d'ensemble où jouent de manière antagoniste absorption et diffusion, en retard de phase (rôle des neutrons retardés). Période envisagée : 28,5 sec.

Lorsqu'une substance qui absorbe les neutrons est soumise à un mouvement alternatif dans une pile entretenue en neutrons par une réaction en chaîne, la densité $n(\vec{r})$ des neutrons thermiques subit une variation périodique $\delta n(\vec{r})$ qui peut être détectée par une chambre d'ionisation. Hoover et autres ([1]) ont publié un bref historique de la méthode et ils distinguent essentiellement les dispositifs qui détectent une modulation d'ensemble de la densité et ceux qui détectent seulement une perturbation localisée au voisinage de la substance absorbante ([2]). C'est ensuite à l'étude de la deuxième possibilité qu'est consacré leur mémoire. Dans les dispositifs envisagés par Hoover les propriétés diffusantes de l'échantillon sont soit négligeables soit éliminées : cette élimination des propriétés diffusantes est d'autant plus naturelle que l'échantillon est toujours supposé assez absorbant.

La situation est franchement différente si l'échantillon oscillant est une substance analogue au graphite : il ne sera pas question alors d'éliminer les

([3]) *Am. J. Soc.*, **17**, 1929, p. 27.

(*) Séance du 3 juillet 1950.

([1]) J. I. Hoover, W. H. Jordan, C. D. Moak, L. Pardue, H. Pomerance, J. D. Strong et E. O. Wollan, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 864.

([2]) *Cf.* aussi A. M. Weinberg et H. C. Schweinler, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 851.

effets de la diffusion, mais bien plutôt d'en tirer parti. Envisageons le cas d'un bloc de graphite oscillant dans un canal expérimental qui traverse de part en part le réflecteur d'une pile à eau lourde. Le canal est soit entièrement débouché, soit au contraire rempli de graphite de manière à dégager juste la cavité nécessaire aux oscillations. Le dispositif de mesure permet d'atteindre la composante fondamentale de la décomposition temporelle de Fourier de la perturbation δn. La perturbation relative $y = \delta n/n$ est indépendante de la puissance de fonctionnement de la pile. Par définition la phase du mouvement du bloc est nulle lorsqu'il passe par sa position moyenne en se rapprochant du réservoir à eau lourde.

Par suite des divers délais qui interviennent dans la propagation et surtout de la multiplication des neutrons, le vecteur y n'est pas en phase avec l'oscillation. φ est son avance de phase.

Le graphite peut être modifié au point de vue absorption par de minimes additions x de bore. Sans grande erreur le vecteur y peut se formuler : $a+bx$. La représentation de $|y|$ en fonction de x a alors l'aspect d'un arc d'hyperbole (ligne des foyers perpendiculaire à Ox). Cet arc peut dégénérer en deux segments se coupant sur Ox : ce sera le cas si les vecteurs a et b sont antiparallèles. Il ne restera au contraire qu'un segment s'ils sont parallèles. Quant à la phase φ, elle varie régulièrement à partir de $\varphi(a)$ pour $x = 0$ jusqu'à $\varphi(b)$ pour x assez grand. Toutefois, dans le cas des vecteurs antiparallèles, elle comporte seulement un saut de 180° pour $x = -a/b$.

En ce qui concerne la variation de a et de b avec le centre d'oscillation et le point d'observation de la perturbation, le caractère ramassé d'une pile à eau lourde entraîne qu'elle permet aisément d'observer la superposition des deux effets mentionnés plus haut : la perturbation relative y est la résultante de deux perturbations, la première qui correspond à un vecteur réel $a_1 + b_1 x$ et l'autre qui correspond à un vecteur déphasé : $(c - dx) \exp i\gamma$, c et d étant réels et positifs.

La deuxième perturbation est indépendante du point de mesure. Elle apparaît comme une modulation d'ensemble de la densité des neutrons dans la pile. S'il n'y avait pas de neutrons retardés, cette modulation aurait un retard de phase de 90°. L'existence des neutrons retardés réduit ce retard de phase que l'on peut évaluer en suivant la méthode indiquée dans le cas d'une pile nue par Weinberg et Schweinler ([2]) à environ 30°. c est positif parce que le fait d'avancer un morceau de matière diffusante vers la cuve améliore le facteur de multiplication de celle-ci; d doit être précédé du signe moins parce que l'introduction d'une matière absorbante a un effet contraire. En fait, le graphite $x = 0$ est déjà absorbant : si c est positif, c'est parce que dans le graphite purifié les effets diffusants sont évidemment prépondérants par rapport aux effets absorbants.

Alors que la deuxième perturbation est le phénomène d'ensemble mentionné

ci-dessus, la première est un phénomène local. Elle est limitée à peu près au graphite, elle ne serait pas essentiellement modifiée si la cuve, source réactive, était remplacée par une source invariable. Comme le graphite n'est le siège de l'émission d'aucun neutron retardé et comme ceux-ci se propagent très vite dans le graphite, la première perturbation suit instantanément le déplacement du bloc mobile : elle ne peut être qu'en phase ou en opposition. Les signes respectifs de a_1 et b_1 dépendent d'une manière complexe de la position du point de mesure par rapport au canal où se déplace le graphite et par rapport au centre d'oscillation. Dès que la distance de ces deux points est élevée, la modulation d'ensemble subsiste seule : on doit notamment obtenir alors deux droites se coupant sur Ox et un retard de phase voisin de 30° pour $x < c/d$. A plus courte distance les deux droites se transforment en une hyperbole témoignant de la superposition des deux effets ; en même temps, pour $x = c/d$, le signal de modulation d'ensemble étant éteint, le signal qui subsiste est en phase ou en opposition.

Les conceptions précédentes ont été dégagées d'une part de la théorie de Weinberg et Schweinler adaptée à la situation d'une pile à eau lourde avec réflecteur et d'autre part des faits expérimentaux rassemblés par M. Ertaud et ses collaborateurs dans leur étude de la pile de Châtillon ; elles ont été utiles, à leur tour, dans le travail d'élaboration d'une méthode de mesure, mise au point par ces mêmes auteurs, qui fera l'objet d'une publication séparée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence, dans le spectre infrarouge, de bandes électroniques des sels d'uranium* III *et* IV ; *relation avec les spectres du plutonium.* Note (*) de MM. **Raymond Rohmer**, **René Freymann**, Mlle **Adélaïde Chevet** et M. **Pierre Hamon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Une étude antérieure sur les spectres d'absorption dans le visible des sels d'uranium tétravalent (1) nous a conduits à examiner les spectres d'absorption dans le proche infrarouge de Br_4U, Cl_3U, Cl_4U, Cl_2UO_2, $(NO_3)_2UO_2$. A notre connaissance, il ne semble pas que de telles recherches aient été entreprises jusqu'ici pour l'uranium (2); par contre, Betts et Harvey (3) ont indiqué l'existence de bandes infrarouges du Plutonium ; ils les attribuent à Pu VI.

Technique. — Les spectres infrarouges ont été enregistrés, entre 0,7 et 2µ, à l'aide d'un spectromètre à prisme de verre construit et utilisé par l'un de

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(1) Mme M. Freymann, MM. R. Freymann, R. Rohmer et P. Hamon, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1524.

(2) On ne confondra pas les bandes de *vibration* de l'infrarouge moyen (J. Lecomte et R. Freymann, *Bull. Soc. Chim.*, **8**, 1941, p. 601) avec les *bandes électroniques* du proche infrarouge étudiées ici.

(3) R. H. Betts et B. G. Harvey, *J. Chem. Phys.*, **16**, 1948, p. 1089; M. Kasha, *J. Chem. Phys.*, **17**, 1949, p. 349.

nous (A. C); l'erreur sur le pointé des bandes bien définies est de l'ordre de $\pm 50 \text{cm}^{-1}$. La préparation de Br_4U et Cl_4U a été décrite précédemment (1). Quand à Cl_3U, il est obtenu (dans le tube même qui a servi à préparer Cl_4U) en faisant passer de l'hydrogène pur, après l'azote, vers 550°. On termine par une circulation d'azote et l'on sépare Cl_4U, non réduit, de Cl_3U par distillation fractionnée (700°). Nous avons examiné Br_4U, Cl_3U, Cl_4U, Cl_2UO_2 et $(NO_3)_2UO_2$ en solution aqueuse. Pour Cl_4U, nous avons enregistré également le spectre dans l'acétone, l'acétate d'éthyle et l'alcool éthylique.

Résultats. — Le tableau donne la position (en cm^{-1}) des bandes observées (les bandes caractéristiques du solvant ont été éliminées de ce tableau).

Conclusions. — 1°. Les solutions aqueuses de U VI *ne présentent pas de bande infrarouge* propre à l'uranium.

2° UIV et UIII présentent, en solution aqueuse, des bandes infrarouges caractéristiques et différentes. On sait qu'en dissolvant Cl_3U dans l'eau on obtient une solution rouge qui devient verte immédiatement. Rosenheim et Lœbel (4), après Peligot, attribuent ce changement de couleur à une oxydation de U III en U IV, par l'eau. *Cette réaction n'est pas instantanée puisque le spectre infrarouge que nous avons obtenu pour la solution fraîche de* Cl_3U *est très différent de celui de la solution de* Cl_4U *et ne devient identique qu'après une vingtaine d'heures,* lorsque la réaction est terminée. Il est donc probable que le spectre présente au début des bandes caractéristiques de U III, comme le prévoyait Someya (5).

3° Les solutions organiqnes de Cl_4U présentent de nombreuses bandes que l'on ne décèle pas pour la solution aqueuse; on note également de légers déplacements des autres bandes.

4° Cette étude des solutions ne permet pas d'étendre à ces bandes infrarouges la classification du spectre de Cl_4U que nous avions proposée précédemment. Il faudrait, pour cela, étudier ces composés à l'état solide, à basse température.

5° *Puisque* U VI *ne montre pas de bande infrarouge, il est surprenant que Betts et Harvey puissent attribuer à* Pu VI *les bandes infrarouges qu'ils ont observées.* Si les études polarographiques (qui ont vraisemblablement accompagné leurs recherches spectrales) n'étaient en accord avec leur point de vue, il aurait paru logique d'attribuer à Pu IV des bandes dont la position est voisine de celles de U IV (exemple : U IV 0,82 et 1$^{\mu}$,06 et Pu VI (?) 0,83 et 1$^{\mu}$,04). S'il n'en était pas ainsi, il est probable que cela résulterait de la différence de structure électronique des niveaux 5 f de U et Pu.

Quoiqu'il en soit, la présente étude souligne *l'intérêt analytique des spectres d'absorption dans le proche infrarouge* pour l'étude des solutions de sels d'U, Pu, Np.

---

(4) *Z. Anorg. Chem.*, 57, 1908, p. 235.
(5) *Z. Anorg. Chem.*, 16, 1927, p. 48.

TABLEAU.

Br_4U sol. H_2O 2 % : 12 315 (f); 10 352 (f); **9434** (I); 8681 (m, H_2O ?); 8006 (tf).
Cl_4U sol. H_2O 10 % : 13 587 (tf); **12 285** (I); 11 287 (m); **9407** (I); 8772 (m).
Cl_3U sol. H_2O 2 %; solution fraîche : **13 755** (I); 12 330 (tf); **11 494** (I); 11 236 (m); 10 320 (m); **9434** (I); 8651 (f); **8237** (I); 7072 (I, H_2O ?).
Cl_3U même solution après 24 heures : **12 438** (I); 11 442 (f); **9416** (I); 8850 (m).
Cl_2UO_2 60 % et $(NO_3)_2UO_2$ 45 % sol. H_2O : pas de bande infrarouge.
Cl_4U + acétone : 13 870 (tf); 12 987 (I); 12 195 (m); 11 287 (f); 10 684 (f); 10 121 (tf); 9680 (m); **9009** (I); 7657 (f); 7273 (I, acétone ?); 6684 (f); 5025 (m, acétone ?).
Cl_4U + acétate d'éthyle : 13 928 (f); 12 903 (m); 11 990 (I); 11 223 (m); 10 526 (I); 9009 (I); 8726 (I); 7246 (I, acétate ?); 6748 (m).
Cl_4U + alcool éthylique absolu : 13 157 (f); 12 195 (f); 11 820 (f); 10 548 (f); **9920** (I); 9157 (tf); **8237** (I).
I = Intense; m = moyenne; f = faible; tf = très faible.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation du complexe* $[(NO_3)_2UO_2C_5H_{15}O_2N]^n$. Note (*) de Mlle **Colette Soye**, présentée par M. Paul Pascal.

Byé [1] et Souchay [2] ont montré que lorsque des ions ou des molécules entières en solutions de dilution V s'unissent pour donner des ions ou des molécules condensées dans un certain domaine de pH

$$\frac{d\,\mathrm{pH}}{d\log V} = \text{const.}$$

La pente de la droite représentant la variation du pH en fonction du logarithme de la dilution ne dépend que du degré de condensation et non du degré de neutralisation. J'ai appliqué ces résultats à l'étude des combinaisons de la choline avec le nitrate d'uranyle pour des solutions aqueuses de dilutions variables contenant de 0 à 2 équivalents de choline pour 1 de nitrate d'uranyle.

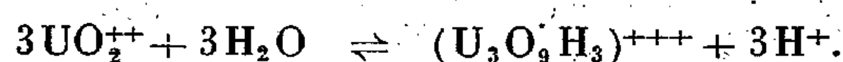
Les pH ont été mesurés avec une électrode de verre et à force ionique constante en opérant en présence de NO_3K dix fois plus concentré que le nitrate d'uranyle.

Aux concentrations inférieures à M/160 en nitrate d'uranyle, l'hydroxyde d'uranyle précipite à partir de 3/2 équivalents de choline; les solutions contenant plus de 5/4 équivalents de choline évoluent en fonction du temps.

Aux concentrations supérieures à M/160, l'hydroxyde d'uranyle précipite à partir de 1 équivalent de choline; les solutions contenant plus de 1/2 équivalent de choline évoluent en fonction du temps.

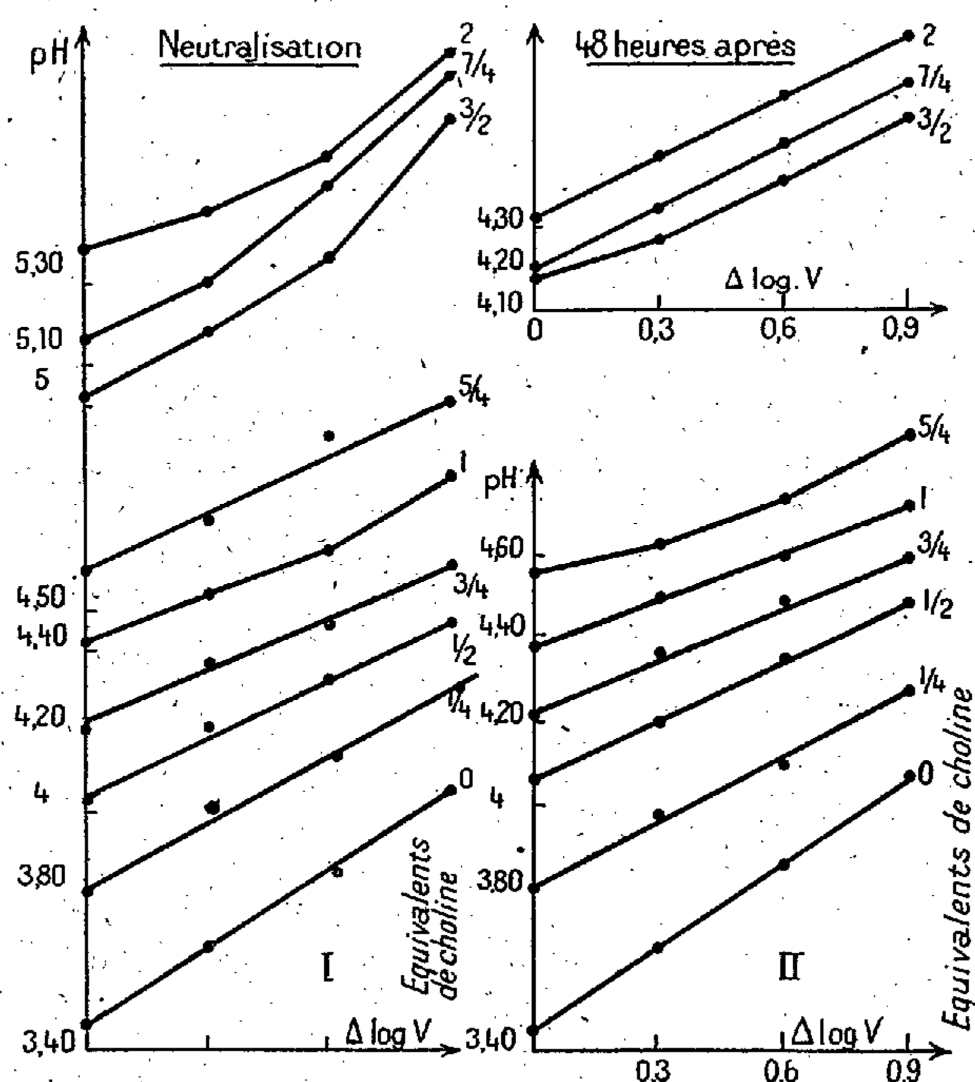
(*) Séance du 17 juillet 1950.
(1) *Bull. Soc. Chim.*, 9, 1942, p. 360.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 1, 1949, p. 22.

Pour le nitrate d'uranyle seul en solution, la variation de pH en fonction du logarithme de la dilution est une droite dont la pente 2/3 indiquerait une condensation de la forme



$$3UO_2^{++} + 3H_2O \rightleftharpoons (U_3O_9H_3)^{+++} + 3H^+.$$

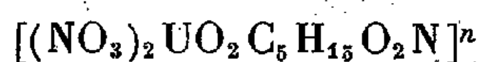
Pour les solutions contenant de 1 à 2 équivalents de choline les variations de pH ne sont pas représentables par une droite au moment de la neutralisation (graphique I).



Après 48 heures, aux concentrations inférieures à M/160, pour 7/4 et 2 équivalents de choline, les variations de pH sont des droites parallèles de pente 1/2 (graphique III).

Après cinq jours, aux autres concentrations, on obtient comme représentation des variations de pH des droites de pentes inférieures à 1/2.

Pour les solutions contenant de 1/4 à 1 équivalent de choline, les variations de pH peuvent être assimilées à des droites (graphique I), mais les pentes diminuent d'une façon continue quand le pH augmente, ce qui conduit à penser que, dans ce domaine, aux phénomènes de condensation possibles s'en ajoutent d'autres, en particulier la formation du complexe



$$[(NO_3)_2UO_2C_5H_{13}O_2N]^n$$

déjà isolé ([3]).

([3]) Colette Soye, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1228.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la stabilité des nitrates basiques de plomb.* Note de M. **Pierre Deschamps** et Mlle **Berthe Charreton**, présentée par M. Paul Pascal.

En suivant au cours de la précipitation par la soude, le pH et la concentration en plomb d'une solution de nitrate de plomb, M. Géloso et J. Faucherre (1) ont montré qu'on obtenait successivement le sel monobasique $(NO_3)_2Pb$, $Pb(OH)_2Aq$, le sel tribasique $(NO_3)_2Pb$, $3Pb(OH)_2$ et, peut-être, un sel plus fortement basique assez mal défini.

L'existence du sel monobasique et d'un sel sans doute pentabasique est signalée par de nombreux auteurs (2). Un sel bibasique se formerait aussi, d'après Heubel (3), mais dans des conditions particulières.

Comme nous l'avons fait pour le cuivre (4), nous avons suivi l'évolution des courbes de titrage conductimétrique en fonction du temps, de la concentration initiale et de la température.

Les notations et la technique utilisées sont restées les mêmes que dans nos précédentes Notes : nous appelons a le rapport de la quantité de soude versée à la quantité théorique de soude exigée pour l'hydroxyde.

Toutes les mesures de conductibilité ont été faites à la température de la précipitation.

Évolution en fonction du temps et de la concentration. — En opérant en solution 0,05M de $(NO_3)_2Pb$, le nitrate monobasique formé est stable; aucun déplacement du point anguleux caractéristique de ce sel ($a = 0,05$) n'est constaté même après 20 jours de vieillissement.

Il n'en est plus de même avec une solution 0,02M. Le point anguleux caractéristique du sel mono, encore très nettement visible au bout de trois jours, disparaît ensuite complètement. Après 19 jours, la courbe de titrage conductimétrique ne présente plus qu'un seul point singulier d'abscisse $a = 0,83$ au lieu des deux points d'abscisse, 0,50 et 0,75 qu'elle avait au début.

Les sels monobasiques et tribasiques ne sont donc à cette concentration que des formes métastables.

La concentration en sel de plomb pour laquelle le sel monobasique et un sel plus fortement basique peuvent coexister est ainsi déterminée approximativement et de l'ordre de 0,03M.

---

(1) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1243.

(2) Quelques Mémoires sont signalés dans les *Comptes rendus* dont nous donnons la référence ci-dessus.

(3) *Thèse*, Paris, 1948.

(4) P. Deschamps et B. Charreton, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1956.

Il est possible de calculer [à partir de cette donnée et du produit de solubilité S_1 du sel monobasique $(NO_3)_2Pb, Pb(OH)_2$] le produit de solubilité S_2 du corps précipitant en second (que nous admettrons être l'hydroxyde). Le fait qu'il s'agisse probablement d'un sel fortement basique ne change d'ailleurs que peu le résultat du calcul.

S_1, d'après les chiffres de M. Géloso et J. Faucherre est de l'ordre de 10^{-22}.

On trouve $S_2 = 10^{-18}$ environ.

Il est à remarquer que ce chiffre est notablement différent du chiffre calculé à partir des mesures de solubilité en supposant que les ions de la solution sont des ions Pb^{++} et OH^-. Cela n'a rien d'étonnant puisque, comme l'ont montré M. Géloso et J. Faucherre ([5]), on a, suivant les conditions de pH et de concentration, soit des ions Pb, soit des ions $(PbOH)^+$ ou $(PbOH)_4^{++++}$ et même des ions $(NO_3Pb)^+$.

La présence d'un excès de sel neutre n'est pas sans action sur les phénomènes. En solution 0,01 M de $(NO_3)^2Pb$ et 0,89 M en NO_3K la courbe des pH en fonction de a présente 3 points singuliers $a = 0,5$, $a = 0,75$ et $a = 0,86$.

Évolution en fonction de la température. — Le premier point anguleux ($n = 0,50$) disparaît rapidement même en solution relativement concentrée (M/20) et n'est plus visible à 55°. Heubel signale d'ailleurs que le sel $(NO_3)_2Pb$, $Pb(OH)_2$ est instable, en solution M/20, dès 30°.

L'abscisse du second point reste voisine de $a = 0,85$; on observe cependant une légère tendance à un déplacement vers les valeurs plus élevées : il passe de 0,83 à 0,86.

Quoi qu'il en soit, l'accident de la courbe se produit nettement avant la valeur calculée pour l'hydroxyde et ceci même si l'on se place dans les meilleures conditions possibles pour obtenir l'hydroxyde seul : nous avons fait, à ce sujet, des expériences avec des solutions plus diluées (M/100) et laissé vieillir 24 heures à 95°.

En conclusion, le nitrate monobasique se présente comme un sel fort peu stable à chaud.

Au contraire, le sel fortement basique, de coefficient assez mal déterminé, paraît très stable, ce qui est un cas rare pour les nitrates basiques.

Les différences de pente entre les éléments linéaires correspondant au sel monobasique et au mélange de deux phases sont très fortes et nettement plus fortes que celles calculées à partir de l'hypothèse la plus simple.

([5]) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 430-431.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur un phénomène transitoire de durcissement par dissolution.* Note (*) de MM. **Francis Aubertin** et **Charles Crussard**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Aussitôt établi le rôle durcissant de l'hétérogénéité secondaire, qui apparaît avant toute précipitation pendant le revenu après hypertrempe des alliages légers ou d'autres alliages aptes au durcissement structural ([1]), il a été tenté de mettre en évidence le phénomène symétrique, c'est-à-dire le gain de dureté conféré, a priori, par le trouble d'homogénéité que produit la mise en solution incomplète d'un agrégat ([2]). Les difficultés expérimentales sont cependant plus grandes. Dans les ferronickels chromés carburés, par exemple, la méthode thermomagnétique accuse à peine les auréoles surchromées apparues au début de la remise en solution.

Nos expériences antérieures ([3]) ayant établi que la méthode thermoélectrique est capable de caractériser quantitativement la dissolution de certains éléments dans l'aluminium, nous avons recherché par ce moyen, et finalement réussi à montrer le phénomène transitoire prévu.

Les expériences ont porté d'abord sur un aluminium impur : Fe 0,14; Cu 0,012; Si 0,006 pour 100. Elles étaient basées sur le résultat antérieurement acquis que le pouvoir thermoélectrique ε des aluminium-fer rapportés à l'aluminium raffiné est négatif et quasi proportionnel à la quantité de fer dissous.

Un certain nombre de couples : fil d'aluminium impur, fil d'aluminium raffiné, ont subi un même traitement dont les chauffes ont été tronquées par refroidissement dans l'eau : recuit de 8 heures à 650°, qui donne un pouvoir thermoélectrique $\varepsilon = -280.10^{-9}$ V/deg, correspondant à Fe 0,046 % dissous; précipitation par revenu de 8 jours à 400° : $\varepsilon = -14.10^{-9}$ V/deg. Ensuite, ces couples ont séjourné ensemble dans un four à 500°, puis ont été retirés un à un au bout de temps échelonnés *t*. Outre le pouvoir thermoélectrique ε, on a mesuré la limite élastique conventionnelle E et parfois la résistance à la rupture R.

Séjour à 500° *t*....	0	10 min	15 min	1 h	2 h	4 h	2 j	3 j
E kg/mm²........	0,85	2,19	–	1,67	1,54	–	1,37	–
$\varepsilon.10^{-9}$ V/deg.....	−14	–	−35	−58	–	−52	–	−31

(*) Séance du 17 juillet 1950.

([1]) A. Portevin et P. Chevenard, *Revue de Métal.*, 33, 1936, p. 96.

([2]) P. Chevenard et X. Wache, *Revue de Métal.*, 41, 1944, p. 353 et 389.

([3]) C. Crussard et F. Aurertin, *Revue de Métal.*, 46, 1949, p. 661.

L'état obtenu après 3 jours de remise en solution correspond sensiblement à l'équilibre, car on obtient la même valeur de ε : -33.10^{-9} V/deg par précipitation à 500°, à partir de l'état dissous à 650°. Les variations de la limite élastique E et du pouvoir thermoélectrique ε dépassent donc les valeurs correspondant à l'équilibre à 500°.

Les alliages formés avec des métaux très solubles dans l'aluminium accusent également un durcissement transitoire au cours de la redissolution. Ainsi, un alliage aluminium-magnésium à 12 % Mg, mis en solution pendant 45 heures à 420°, revenu pendant 30 heures à 300°, puis remis en solution à 420° pendant des durées croissantes t a fourni, A % désignant l'allongement de rupture :

État initial.	E (kg/mm²).	R (kg/mm²).	A (%).	ε (10^{-9} V/deg).
Mise en solution 45 heures à 420°	13,5	47	26	1050
Même traitement puis recuit de 30 heures à 300°	11,2	26,6	2	675

État précédent puis recuit de durée t à 420° :

Durée t	E	R	A	ε
30 secondes	14,5	–	–	950
10 minutes	14,3	39	30	1155
2 heures	16,8	–	–	1090
16 heures	12,2	–	–	1063

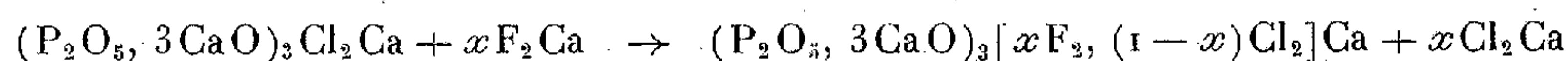
Dans ces alliages aluminium-magnésium, le durcissement par remise en solution a relativement moins d'effet sur le pouvoir thermoélectrique que dans les alliages contenant du fer et du silicium, alors qu'il agit fortement sur la limite d'élasticité. Le trouble d'homogénéité doit donc être particulièrement intense près des joints, c'est-à-dire au contact des précipités intergranulaires, ce qui affecte beaucoup la limite élastique, mais peu le pouvoir thermoélectrique, propriété massique.

En résumé, ces phénomènes transitoires s'expliquent par l'hypothèse d'un durcissement par remise en solution incomplète d'un précipité, dont les particules s'entourent d'une auréole plus riche en addition que le reste de l'alliage. D'où dilatations ou contractions locales du réseau, et tensions internes qui durcissent l'alliage tout en lui conférant un pouvoir thermoélectrique anormal.

Il est proposé d'appeler ce phénomène transitoire *durcissement structural par dissolution*, pour bien le distinguer du gain normal de dureté conféré par l'enrichissement de toute solution solide homogène.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la préparation de certaines apatites mixtes.* Note (*) de MM. **Robert Wallaeys** et **Georges Chaudron**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Si l'on traite de la chlorapatite synthétique pure ([1]) vers 800° par du fluorure de calcium en proportions variables, mais avec des quantités insuffisantes pour effectuer la substitution totale du chlore par le fluor, on peut obtenir une série de solutions solides que nous appelons des apatites mixtes fluor-chlor. La réaction peut s'écrire



$$(P_2O_5,\ 3CaO)_3Cl_2Ca + xF_2Ca \rightarrow (P_2O_5,\ 3CaO)_3[xF_2,\ (1-x)Cl_2]Ca + xCl_2Ca$$

dans laquelle $O < x < 1$.

Nous avons préparé quatre échantillons d'apatite mixte et nous avons comparé, dans les diagrammes de la figure 1, les paramètres *a* et *c* de la maille élémentaire hexagonale à ceux de la chlorapatite et de la fluorapatite synthétiques pures.

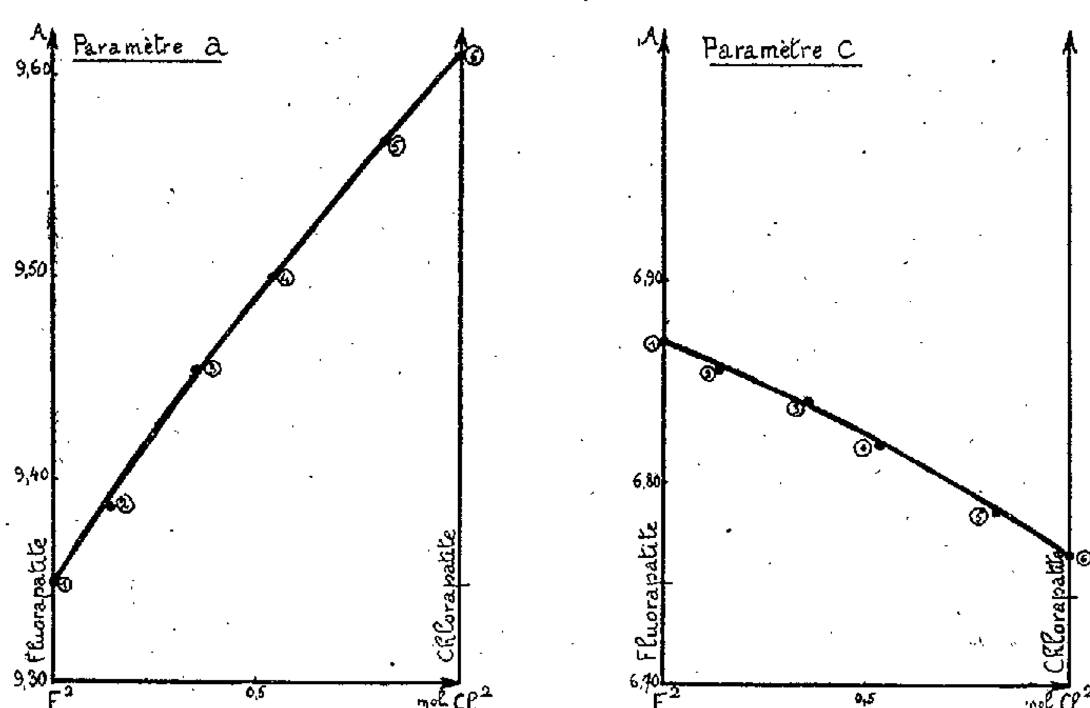


Fig. 1.

On constate que le paramètre *a* croît de 9,350 Å pour la fluorapatite pure jusqu'à 9,610 Å pour la chlorapatite, tandis que le paramètre *c* décroît de 6,870 Å pour la fluorapatite jusqu'à 6,763 Å pour la chlorapatite. Ces grandeurs sont déterminées dans chaque cas avec une précision de $\pm$ 0,002 Å. Cette variation régulière des paramètres peut également être constatée sur les

(*) Séance du 10 juillet 1950.

([1]) G. Chaudron et R. Wallaeys, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1949, 132 ou *Colloque International sur les Réactions dans l'État Solide*, Paris, 1948, p. 103; R. Wallaeys et G. Chaudron, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1867.

diagrammes X (*fig.* 2) où l'on voit que les raies qui dépendent surtout de a, par exemple 300, 310, 410, 402, se déplacent régulièrement vers les petits angles lorsque l'on va de la fluorapatite à la chlorapatite, tandis que les raies qui dépendent principalement du paramètre c, c'est-à-dire 004, 203, 113, etc., s'écartent régulièrement vers les grands angles.

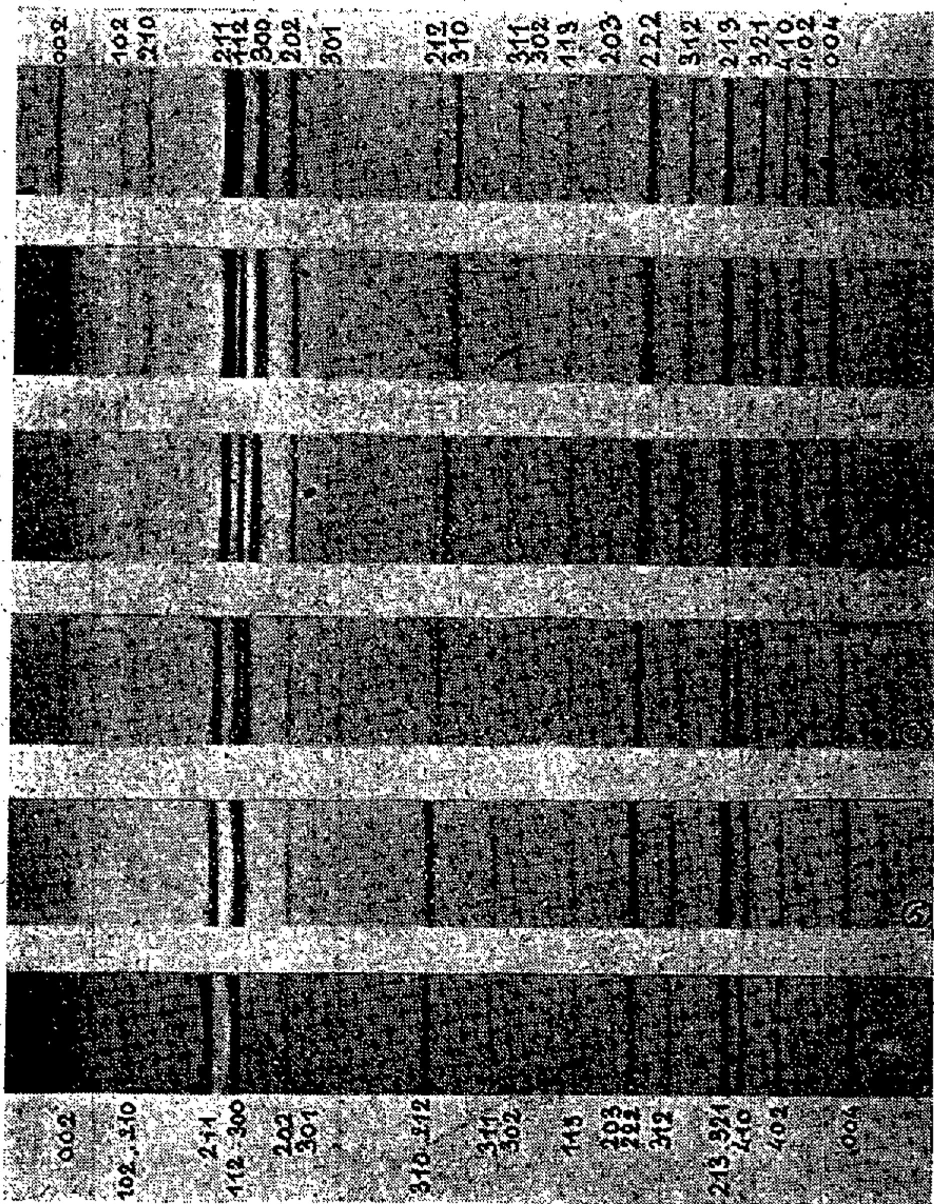


Fig. 2.

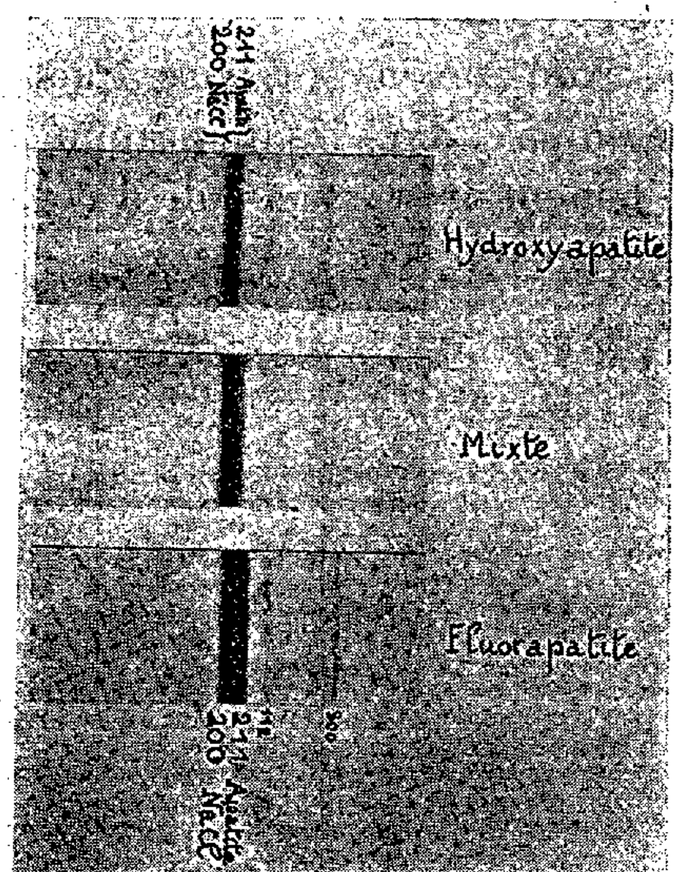


Fig. 3.

Dans les mêmes conditions, on peut substituer progressivement dans l'hydroxyapatite le radical $(OH)_2$ soit par Cl_2 par action sur ce corps du chlorure de calcium, soit par F_2 en faisant réagir le fluorure de calcium.

Les solutions solides mixtes du type chlore-hydroxyapatite sont facilement définies par les diagrammes X. En effet, le paramètre a croît de 9,403 Å pour l'hydroxyapatite jusqu'à 9,610 Å pour la chlorapatite tandis que le paramètre c décroît de 6,868 Å jusqu'à 6,763 Å. Il s'agit donc de variations des paramètres tout-à-fait comparables à celles que l'on a observées dans le système précédent. Nous faisons remarquer que la vapeur d'eau transforme vers 800° la chlorapatite en mixtes chlor-hydroxy, puis finalement en hydroxyapatite. Il en résulte que nous avons toujours effectué les préparations et les traitements de la chlorapatite synthétique par chauffage, soit dans le vide phosphorique,

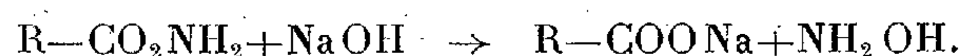
soit dans un courant d'azote sec. Dans ces conditions, on obtient des échantillons de corps qui possèdent des paramètres constants.

Dans le cas de la substitution du radical $(OH)_2$ par F_2, les écarts entre les paramètres sont presque à la limite de la précision de nos mesures qui sont effectuées par rapport aux raies du chlorure de sodium utilisé comme étalon. La figure 3 montre, par exemple, le faible déplacement de la raie 211 par rapport à la raie 200 du chlorure de sodium pour une solution solide intermédiaire dont la composition correspond sensiblement à la formule $(P_2O_5, 3\,CaO)_3[0,5\,F_2, 0,5\,(OH)^2]Ca$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Propriétés des acides aldonhydroxamiques.* Note (*) de M. **Ferdinand Mathis**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons montré dans une précédente Note ([1]) que l'hydroxylamine réagit sur les lactones et les esters aldoniques pour donner les acides aldonhydroxamiques. La présente Note concerne les propriétés générales de ces composés.

Décomposition par les bases alcalines et alcalinoterreuses. — En solution aqueuse et en présence de phtaléine, une molécule d'acide aldonhydroxamique consomme une molécule de base forte; une molécule d'*acide mucodihydroxamique* ([2]) en consomme deux. Il ne s'agit pas là d'une neutralisation, mais d'une scission irréversible conduisant à l'aldonate et à l'hydroxylamine

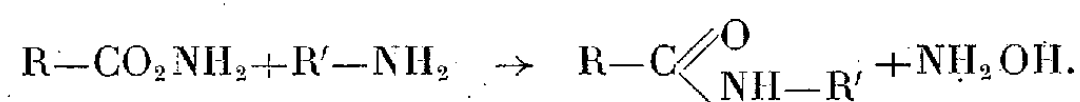


$$R-CO_2NH_2+NaOH \rightarrow R-COONa+NH_2OH.$$

L'acide gluconhydroxamique donne ainsi avec la baryte le gluconate de baryum facile à identifier. Quant à l'hydroxylamine libérée, on peut la mettre en évidence sous forme de son dérivé benzoylé, le benzhydroxamate de benzoyle $C_6H_5-CO-NH-O-CO-C_6H_5$.

La même scission se produit lentement à froid. On peut alors la suivre polarimétriquement.

Action de l'aniline et de la phénylhydrazine. — Les amines primaires, au sens large du terme, réagissent sur les acides hydroxamiques selon le schéma



$$R-CO_2NH_2+R'-NH_2 \rightarrow R-C\begin{smallmatrix}\nearrow O \\ \searrow NH-R'\end{smallmatrix}+NH_2OH.$$

L'acide gluconhydroxamique chauffé en solution hydroacétique avec

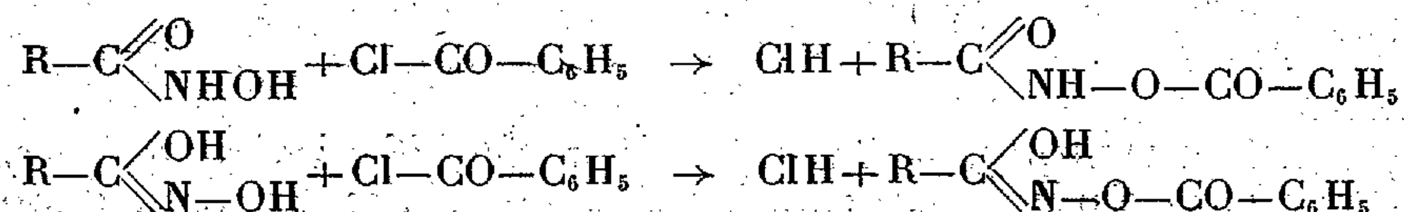
(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 226.

([2]) Cet acide est obtenu par action de l'hydroxylamine sur le mucote de méthyle en solution dans le méthanol; c'est une poudre blanche insoluble dans le méthanol, l'éthanol, et très peu soluble dans l'eau.

l'aniline donne l'anilide gluconique; dans des conditions analogues, la phénylhydrazine donne avec l'acide gluconhydroxamique le phénylhydrazide gluconique et avec l'acide mannonhydroxamique le phénylhydrazide mannonique.

Benzoylation. — Les acides hydroxamiques donnent avec le chlorure de benzoyle en présence d'un équivalent de soude des dérivés qu'on nomme hydroxamates de benzoyle ([3]). La formule qu'on leur attribue dépend de celle qu'on attribue aux acides hydroxamiques eux mêmes



De même nous avons obtenu, avec des rendements qui varient de 60 à 75 % les composés suivants : le *d*-gluconhydroxamate de benzoyle,



(F127°) et ses isomères le *d*-galactonhydroxamate de benzoyle (F123°) et le *d*-mannonhydroxamate de benzoyle (F = 142°); le *l*-rhamnonhydroxamate de benzoyle CH_3—$(CHOH)_4$—CO—NH—O—CO—C_6H_5 (F123°); le *l*-arabonhydroxamate de benzoyle (F135°).

Ce sont des corps incolores bien cristallisés, fort peu solubles dans l'eau, peu solubles dans l'alcool à 95° d'où il est facile de les faire cristalliser. Les solutions aqueuses se décomposent rapidement.

Propriétés acides. — Les acides aldonhydroxamiques sont des acides très faibles. L'acide mucodihydroxamique, qui se dissout dans la quantité calculée de soude aqueuse, reprécipite par action du gaz carbonique. Par contre, les dérivés benzoylés ont un caractère acide plus marqué; ils peuvent être titrés en présence de phtaléine. Les solutions aqueuses de leurs sels, obtenus par neutralisation, se décomposent rapidement; on peut cependant, si on les acidifie à temps, reprécipiter l'aldonhydroxamate de benzoyle.

La titration électrométrique de l'acide gluconhydroxamique (*fig.* 1, courbe I) et de son dérivé benzoylé (courbe II) a été faite au moyen d'un pH mètre à électrode de verre. Dans les deux cas le virage est bien marqué; le pK de l'acide gluconhydroxamique a été trouvé égal à 8,94, celui de son dérivé benzoylé à 5,84.

Action sur la lumière polarisée. — Les pouvoirs rotatoires des acides aldonhydroxamiques et de leurs dérivés benzoylés pour la raie Hg_{5461} ont été mesurés dans un solvant commun, la pyridine aqueuse à 50 % en volume. Tous ces composés présentent une mutarotation plus ou moins rapide (*fig.* 2).

([3]) YALE, *Chemical Reviews*, 33, 1949, p. 209.

L'étude des pouvoirs rotatoires initiaux fait apparaître certaines corrélations : le pouvoir rotatoire des acides aldonhydroxamiques est du même signe que

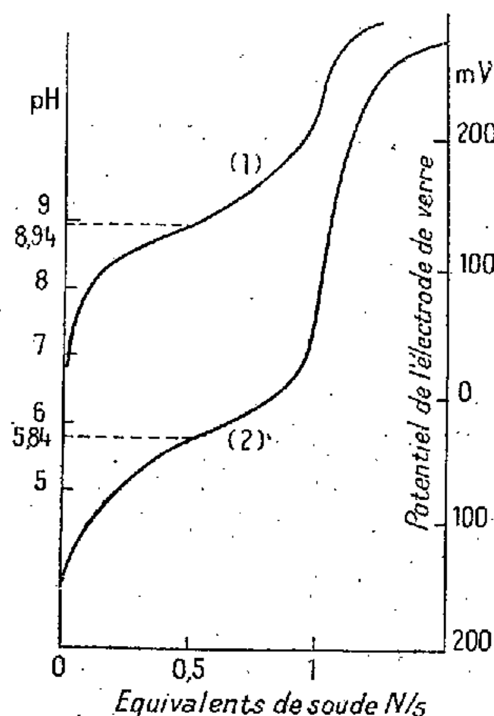


Fig. 1.

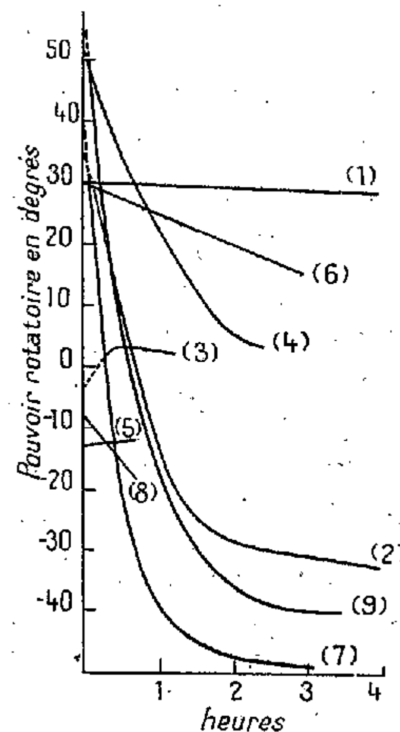


Fig. 2.

1, acide *d*-gluconhydroxamique; 2, acide *d*-galactonhydroxamique; 3, acide *d*-mannohydroxamique; 4, acide *l*-arabonhydroxamique; 5, acide *l*-ribonhydroxamique; 6, *d*-gluconhydroxamate de benzoyle; 7, *d*-galactonhydroxamate de benzoyle; 8, *d*-mannonhydroxamate de benzoyle; 9, *l*-arabonhydroxamate de benzoyle.

celui des amides ([4]) correspondantes. L'introduction du radical benzoyle dans le groupement hydroxamique augmente le pouvoir rotatoire moléculaire.

Les transformations que subissent les acides aldonhydroxamiques et leurs dérivés benzoylés en présence d'eau, et que révèlent les phénomènes de mutarotation, font l'objet de la suite de ce travail.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un dérivé coloré du trisphénéthynylcarbinol.* Note de M. **Michel Siemiatycki**, présentée par M. Paul Pascal.

M. Prévost ([1]) a signalé l'apparition d'une coloration bleue lors de l'ébullition d'une solution de trisphénéthynylcarbinol $(C_6H_5 - C \equiv C)_3COH$, dans un mélange d'eau, d'acide acétique et d'acide sulfurique. La coloration est faible, et, le pouvoir tinctorial de la matière colorante obtenue étant considérable, comme on le verra plus loin, on peut conclure que le rendement de sa formation dans ces conditions est extrêmement faible.

J'ai donc cherché à améliorer les conditions de préparation.

Non seulement l'acide acétique n'est pas nécessaire, mais encore il est nuisible ; les meilleurs résultats ont été obtenus ainsi :

([4]) Van Wijk, *Rec. Trav. Chim. des Pays-Bas*, 40, 1921, p. 243.

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 1082.

20 grammes de trisphénéthynylcarbinol sont d'abord dissous à l'ébullition dans un litre d'alcool isopropylique; on ajoute peu à peu à cette solution bouillante 70 grammes d'acide sulfurique étendus de 100 grammes d'eau. L'ébullition est maintenue 20 minutes après la fin de l'addition.

On constate d'abord un brunissement de la solution, puis un virage vers le vert sale. Au refroidissement se dépose abondamment un produit amorphe marron, très condensé, tandis que le liquide devient bleu-verdâtre.

On en réalise la précipitation fractionnée par addition progressive d'eau. On recueille d'abord encore un peu de produit de polymérisation brun amorphe, puis un mélange plus franchement bleu de divers produits.

La cristallisation fractionnée permet d'en séparer un produit incolore, fondant à 187°, isomère du carbinol de départ mais s'en distinguant par ses caractères physiques et chimiques, et un produit fortement coloré.

Celui-ci se présente en microcristaux bleus à reflets violacés, insolubles dans l'eau et l'éther, peu solubles dans le benzène, mais facilement solubles dans les divers alcools. Leur point de fusion est voisin de 173°, mais la fusion est peu nette, le liquide résultant étant très visqueux; les cristaux se transforment sans fondre vers 105°, avec perte d'eau.

La formule brute est sensiblement $C_{25}H_{18}O_2$, SO_4H_2, $2H_2O$, et $C_{25}H_{18}O_3$, SO_4H_2 pour le produit desséché à 110°.

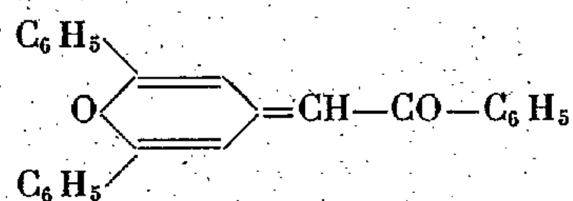
Les solutions alcooliques ou benzéniques sont d'un beau bleu indigo, avec reflets violet rose; le pouvoir tinctorial est grand.

Les solutions alcooliques précipitent par addition de quelques gouttes d'une solution aqueuse de carbonate de potassium, abandonnant un produit brun vert, d'apparence microcristalline et peu soluble.

Ce précipité, qu'il n'a pas été possible de purifier par recristallisation, se redissout facilement dans l'alcool en présence des acides les plus divers (SO_4H_2, ClH, PO_4H_3, acide acétique, acide picrique), et la solution reprend sa couleu bleue à reflets violet rose caractéristique.

Il s'ensuit que la matière colorée est constituée par l'ion positif résultant de l'action des acides sur une fonction salifiable du dérivé brun vert.

Ce dernier, ne renfermant pas d'azote, mais uniquement C, H, O, ne peut devoir ses propriétés basiques qu'à un oxygène susceptible de devenir oxoniumr J'ai fait sur sa constitution la même hypothèse que dans le cas du colorant rouge résultant de l'hydratation du tripropynylcarbinol (²); la base brun verdâtre serait la *vinopyrone:*



(²) M. Siemiatycki, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 154.

Mais cette base n'est plus capable de se crotoniser avec elle-même, et le résultat serait ici plus simple.

Je m'efforce actuellement de démontrer cette structure; le problème est d'autant plus difficile que l'ensemble des groupes fonctionnels que j'ai supposés ne se retrouve dans aucune molécule étudiée jusqu'ici, et que nous ignorons tout de ce que doivent donner les méthodes courantes d'investigation, l'oxydation par exemple, avec ces édifices complexes.

De toute façon, il est nécessaire de se procurer des quantités importantes de colorant bleu. Or toutes les tentatives pour améliorer le rendement de l'hydratation (14% dans les conditions exposées ci-dessus) ont échoué; le rendement est peu sensible à la teneur en eau et en acide sulfurique, et aucun solvant n'a donné des résultats supérieurs à ceux obtenus dans l'alcool isopropylique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches synthétiques et stéréochimiques dans la série de la chloromycétine*. Note (*) de MM. **Ernest D. Bergmann**, **Michel Genas** et **Hillel Bendas**, transmise par M. Charles Dufraisse.

Récemment Mlle D. Billet ([1]) a décrit quelques observations intéressantes concernant des dérivés de la β-phénylsérine (I), acide aminé structuralement apparenté à la chloromycétine. Effectuant depuis quelque temps un travail de longue durée dans cette série, nous considérons qu'il est opportun de publier nos premiers résultats en nous réservant la possibilité de continuer les recherches dans les directions indiquées.

1. Erlenmeyer ([2]), Rosenmund et Dornsaft ([3]), et Dalgliesh ([4]) ont démontré que certains aldéhydes aromatiques se condensent avec le glycocollate d'éthyle en présence de soude ou de sodium en milieu éthéré d'après le mécanisme suivant : deux molécules d'aldéhyde réagissent sur une molécule de glycocollate d'éthyle avec élimination d'une molécule d'eau. Une molécule réagit avec le groupe méthylène, l'autre avec le groupe amine, donnant en premier lieu un produit instable auquel Dalgliesh, dans le cas de l'aldéhyde *p*-nitrobenzoïque attribue la formule d'une base de Schiff (III). Ce corps se transformerait spontanément en une forme stable ayant la structure d'une oxazolidine (II).

(*) Séance du 10 juillet 1950.

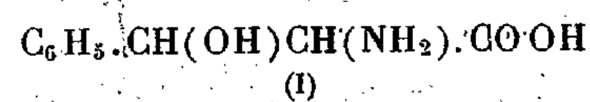
([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1074 et 1358.

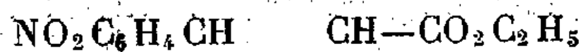
([2]) *Annalen*, **284**, 1895, p. 36.

([3]) *Ber*, **52**, 1919, p. 1734.

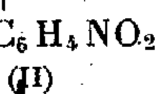
([4]) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 90; Dalgliesh et Mann, *J. Chem. Soc.*, 1947, p. 658.

Soumis à une hydrolyse ménagée les corps (II) ou (III) se transforment en ester de la phénylsérine correspondante (IV). Certains aldéhydes aromatiques, notamment l'aldéhyde anisique, l'aldéhyde cuminique ne se condensent pas avec le glycocollate d'éthyle dans des conditions décrites par Erlenmeyer ([2]) et Rosenmund et Dornsaft ([3]).





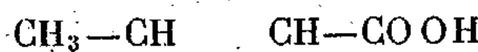


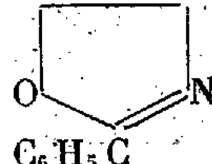




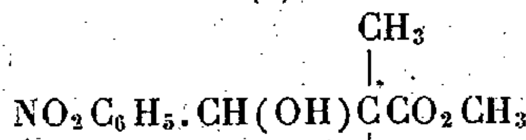








(V)





Nous avons trouvé que la condensation désirée entre les esters du glycocolle et des aldéhydes aromatiques se produit simplement en dissolvant l'aldéhyde et un ester du glycocolle en proportion de deux molécules du premier pour une molécule du deuxième, dans l'alcool éthylique ou méthylique, à la température ambiante et sans addition d'aucun catalyseur. Souvent la réaction se manifeste par une élévation de température. Dans certains cas les produits (II) ou (III) précipitent du mélange réactionnel. L'hydrolyse ménagée de ces corps par l'acide chlorhydrique alcoolique conduit au chlorhydrate de l'ester de la β-phénylsérine substituée, avec libération d'une molécule d'aldéhyde. Les substances suivantes ont été ainsi préparées :

N-(*p*-nitrobenzylidène)-*p*-nitrophénylsérinate d'éthyle (F 148°). Chlorhydrate de *p*-nitrophénylsérinate d'éthyle (F 190° avec décomposition). Chlorhydrate de phénylsérinate de méthyle (F 185° avec décomposition). Chlorhydrate de *m*-nitrophénylsérinate de méthyle (F 131°). N-(*p*-cyanobenzylidène)-*p*-cyanophénylsérinate de méthyle (F 278° avec décomposition). N-(dichloro 2.6-benzylidène) dichloro 2.6-phénylsérinate de méthyle (F 128°). Chlorhydrate de dichlnro 2.6-phénylsérinate de méthyle (F 198°). Chlorhydrate de α-méthyle-*p*-nitrophénylsérinate de méthyle (VI) (F 132°).

Le premier a été recristallisé dans le méthanol, les suivants dans le norm-butanol.

Cette condensation facile entre les esters des acides aminés et les aldéhydes aromatiques est assez inattendue.

2. Nous avons pu démontrer que le produit isolé par Dalgliesh ([4]) en partant du *p*-nitrobenzaldéhyde et du glycocollate d'éthyle n'a pas la structure (II) d'une oxazolidine, mais d'une base de Schiff (III).

Le spectre infrarouge déterminé par M. Pinchas ([5]) ne montre pas les raies caractéristiques du groupe N-C-O des oxazolidines mais la raie 1656 cm^{-1} de la liaison $C=N$.

Pour cette raison l'existence de la forme oxazolidine, ne peut pas servir d'argument en faveur de la configuration érythro de la *p*-nitrophénylsérine comme l'admet Mlle Billet ([6]). En outre, nous ne voyons pas de raisons théoriques pour que la forme thréo ne donne pas une oxazolidine; effectivement, Elliott ([7]) a préparé récemment d'une toute autre manière les deux stéréoisomères d'une oxazoline (V), l'une d'elles correspondant obligatoirement à la forme thréo.

Nous pensons que les configurations stériques des divers hydroxy-acides aminés synthétisés par la méthode indiquée ici sont identiques.

Nous étudions maintenant les réactions chimiques, les structures stériques et l'action antibiotique de ces substances, devenues si facilement accessibles.

CHIMIE DES CARBURANTS. — *Sur la combustion d'émulsions aqueuses d'huiles minérales dans les moteurs Diesel.* Note (*) de M. **Alfred Maillard**, transmise par M. Louis Hackspill.

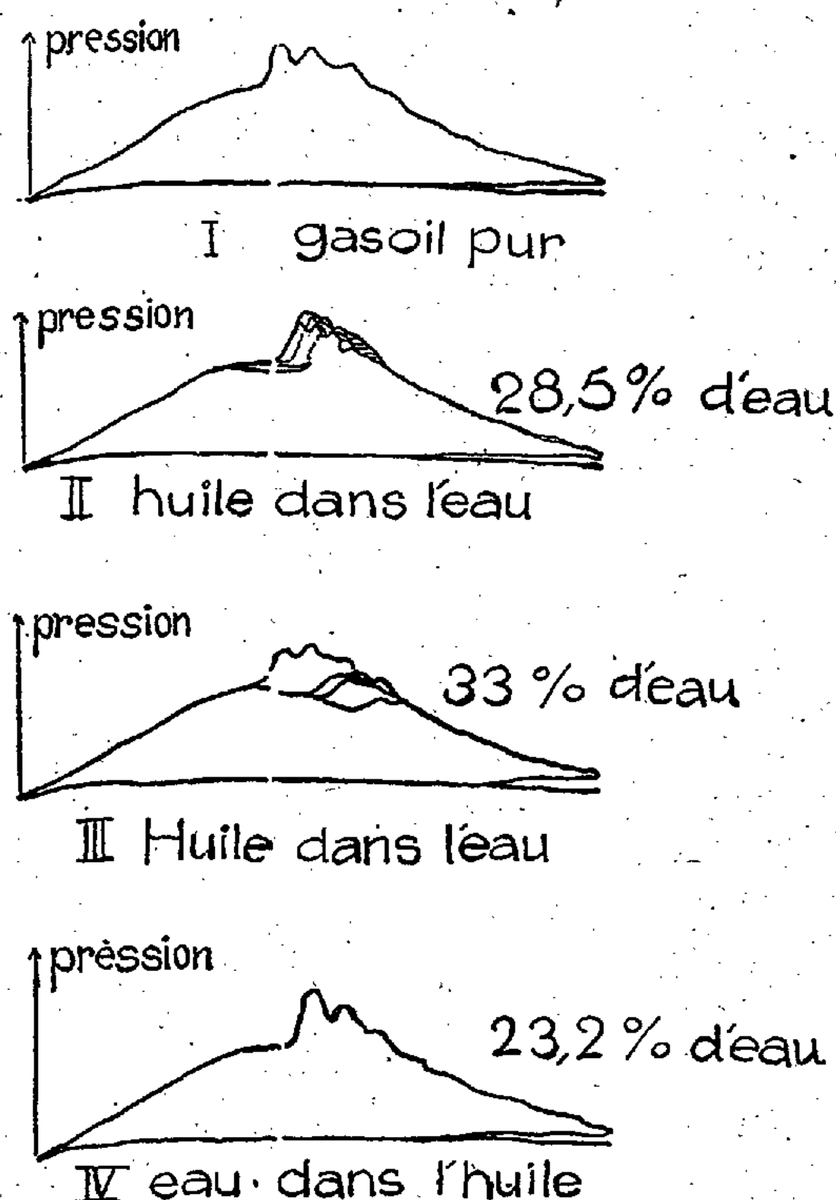
L'étude de la marche d'un moteur Diesel alimenté successivement avec du gazoil pur, des émulsions de gazoil et un mélange monophasé riche en eau a montré que le fonctionnement est défectueux avec les émulsions du type huile dans l'eau. La puissance fournie correspond sensiblement à la consommation en huile pure.

Cette étude a été entreprise en vue de l'utilisation, dans les moteurs Diesel, d'émulsions semi-liquides d'eau et de gasoil. Les essais ont porté sur des teneurs en eau allant jusqu'à 35 % tant dans le cas des émulsions du type I (huile dans l'eau) que du type II (eau dans l'huile). Un mélange monophasé de gasoil, d'eau et de solvants auxiliaires, à 14 % d'eau, a aussi été essayé.

Le moteur expérimental utilisé était à chambre de combustion cylindrique, à capsule manométrique et à fenêtre de quartz, et avait les caractéristiques suivantes : cylindrée 1035$^{cm^3}$, alésage 80^{mm}, taux de compression 13,5, l'injecteur avait un orifice de 0^{mm},3 et l'avance de l'injection était de 29°. Les diagrammes pression-angle de rotation ont été enregistrés : chacun d'eux correspond à plusieurs combustions successives.

([5]) E. Bergmann, Zimkin et Pinchas (sous presse).
([6]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1358.
([7]) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 62.
(*) Séance du 24 juillet 1950.

Leur examen montre immédiatement la perturbation qu'apporte à la combustion le fait de la dispersion de l'huile dans l'eau. Il y a un retard à l'allumage considérable et variable d'une combustion à l'autre. Par contre les



émulsions du type II (ainsi que le mélange monophasé) se comportent comme le gasoil pur. Le fait qu'il n'y a pratiquement pas d'oxyde de carbone, ni de suie, dans les gaz d'échappement, montre que la combustion est parfaite.

Au point de vue injection, l'émulsion du type I se disperse moins bien que le gasoil et l'émulsion II. A titre d'exemple une émulsion du type I, à 28,5 % d'eau, perce à 25^{cm} une feuille de papier, que le gazoil pur ne perce qu'à des distances inférieures à 15^{cm} (caractéristiques du papier : 82 g/m^2, pâte blanche 72 %, pâte écrue 18 %, charges 10 %, résistance à l'éclatement 0,76 kg/cm^2).

Les émulsions des deux types sont partiellement détruites à leur sortie de l'injecteur. A puissance égale, la consommation est très légèrement réduite dans le cas des émulsions du type II (3-5 %); elle ne l'est pas du tout dans le cas des émulsions du type I.

Avec le moteur réglé pour une alimentation à l'huile minérale pure, l'utilisation des émulsions conduit à une perte de puissance correspondant, à très peu de chose près, à la teneur en eau de l'émulsion.

GÉOLOGIE. — *Glaciaire et périglaciaire dans le Djurdjura occidental (Algérie).* Note (*) de MM. **André Barbier** et **André Cailleux**, présentée par M. Emmanuel de Margerie.

Le Djurdjura occidental, par 36°30′ lat. N., a connu au Quaternaire, malgré sa basse altitude (2120^m) et grâce aux précipitations exceptionnellement fortes, des glaciers et des coulées de solifluxion périglaciaires.

On ne connaissait jusqu'ici, en Afrique, de glaciation actuelle qu'au Kilimandjaro, au Kenya et au Ruwenzori (limite des neiges éternelles : 4900 à 5800^m) ([1]) et de glaciation quaternaire que dans les mêmes régions, en Abyssinie et au Maroc (3700^m) ([2]). La chaîne principale de l'Algérie, le Djurdjura, dépassant à peine 2300^m, semblait avoir échappé à la glaciation. Pourtant, dans sa partie occidentale, exposée aux vents maritimes du Nord-Ouest, la neige, accumulée dans les puits karstiques (tasserafts), vers 2000^m, persiste tout l'été, indiquant que la limite régionale des neiges éternelles, au sens de Flint ([1]), ne saurait être très lointaine.

Or, au Quaternaire, cette limite a dû descendre au-dessous des plus hauts sommets. En effet, de l'Heidzer (ou Haïzer) à l'Azerou Djemaa, les crêtes dépassant 1900^m, sont entaillées de cirques et de ravins en U, coupés de verrous, paliers et ressauts, et souvent terminés en aval par des moraines frontales, dont deux au moins (Echamlili, cote 1551 et 200^m plus à l'Est) ont conservé la forme en arc et la cuvette terminale typiques; les gros blocs y sont allongés en majorité parallèlement à la crête morainique, comme on l'a observé dans les Karpates polonaises ([3]) et non pas parallèlement à la pente, comme dans les éboulis ou éboulements voisins, plus récents. Les moraines descendent au moins à 1270^m dans l'Echamlili, ouvert à l'Ouest, et à 750^m à Tala Naïm, à 5^{km},3 au Nord de l'Azerou Djemaa, face au Nord. Quelques galets polis et striés se voient dans le lambeau morainique de l'Echamlili, cote 1270, et des stries glaciaires sur dalle calcaire polie au Nord de la cote 2120; mais ailleurs, en général, les stries ont été effacées par la dissolution ultérieure du calcaire.

D'autre part, dans la région karstique allant de la cote 2088 à la cote 2120, les arêtes du pourtour des dolines, très déchiquetées sur les crêtes, sont au contraire comme limées et arasées dans l'ancien lit du glacier. Sur le versant Nord de la chaîne s'observe, de loin, un contraste frappant entre la basse

(*) Séance du 10 juillet 1950.

([1]) R. F. Flint, *Glacial geology and the pleistocene epoch*, New-York, 1948, p. 32 et 33.

([2]) Dresch, *Thèse Lettres*, Paris, 1939-1941, p. 590-626.

([3]) A. Cailleux, *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 11, 1938, p. 171-198.

montagne, toute burinée et déchiquetée par l'érosion subaérienne, torrentielle et karstique, et les versants entre 1600 et 2000^m, où dominent les surfaces planes ou faiblement ondulées, d'origine certes structurale (stratification et diaclases), mais que le polissage glaciaire a ici remises en valeur.

D'autres traits sont périglaciaires. Lorsque les sommets n'excèdent pas 1500 à 1800^m, les niches ou cirques et les ravins en U ne se terminent pas en aval par des moraines; peut-être sont-ils, comme les cirques de Bohême ([4]) et les ravins de gélivation du Groenland ([5]), imputables à la simple action du gel et du dégel. En tout cas, ils sont occupés par des coulées de solifluxion quaternaires. D'autres coulées ennoient des thalwegs primitivement fluviatiles et tapissent certains versants (exemple : vallée à 500^m au Nord du haut Echamlili). Au Sud de la cote 2126, dévalant après le retrait des glaciers, elles sont venues combler progressivement les basses dolines, dont seuls émergent maintenant les sommets et arêtes. Partout, elles présentent les caractères classiques : pentes de 28 à 3°, le plus souvent de 26 à 8°, contre 37 à 28° pour les éboulis actuels; blocs en majorité parallèles à la pente, et relevant du nez, sans triage granulométrique d'amont en aval; parfois, des replats (amont de l'Echamlili). Les coulées sont franchement plus développées là où le substrat est marneux, et elles descendent fort bas : cotes 400 et 300 pour les deux coulées diffluentes issues de la moraine de Tala Naïm, respectivement vers l'Ouest-Nord-Ouest et l'Est-Nord-Est; de sorte qu'elles ne paraissent pas toutes nécessairement liées à un tjäle et qu'elles constituent ainsi une transition entre les vraies coulées périglaciaires et les coulées boueuses tempérées ([6]).

Le fait qu'au Quaternaire la limite des neiges éternelles soit descendue, dans le Djurdjura occidental, par 36°30′ de lat. Nord, jusqu'à 1900^m environ, bien plus bas que dans les Atlas marocains (3700) ([2]) et la Sierra Nevada (3000) paraît tenir aux précipitations particulièrement fortes (1000 à 1600^m, à l'époque actuelle) liée à l'exposition maritime. Ce fait n'est pas exceptionnel, puisque Büdel ([7]) faisait déjà passer la limite des neiges éternelles à 2000^m dans le Péloponnèse et au Sud du Portugal (37° lat.), et il concorde bien avec l'existence récemment découverte d'actions périglaciaires au Portugal ([8]) et d'indices glaciaires ([9]) ou à tout le moins périglaciaires sur l'Etna.

([4]) Zdenek Roth, *Bull. Intern. Acad. Tchèque des Sc.*, 54, n° 2, 13 pages, 1944.
([5]) Marc Boyé, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 723-724.
([6]) A. Cailleux et J. Tricart, *Rev. Géomorphol. Dyn.*, 1, n° 1, p. 4-46, 1950.
([7]) *Erdkunde*, Bd III, n°s 2-3, Bonn, 1949, p. 82-96.
([8]) Guilcher, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1512-1514.
([9]) Vagliasindi, *Mem. Inst. Geo-paleont. Univ. Catania*, série II, n° 1, p. 1-80, pl. I-VIII.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Différence de sensibilité de* Nectria galligena *et de* Nectria cinnabarina *à l'action de l'acide indol-β-acétique*. Note de Mlle **Jeanne Berducou**, présentée par M. Raoul Combes.

N. cinnabarina qui ne produit pas d'hétéroauxine réagit faiblement en présence de cette substance. *N. galligena* qui en produit beaucoup est très sensible. Les mêmes réactions (accélération de la croissance par les doses faibles, inhibition par les concentrations élevées) s'obtiennent sur *N. cinnabarina* avec des doses d'acide 100 fois (pour la première réaction) à 5000 fois (pour la seconde réaction) supérieures à celles qu'exige *N. galligena*.

Certains champignons (*Aspergillus candidus*, *Candida albicans*, etc.) [1], sont relativement sensibles à l'action des phytohormones; d'autres au contraire restent indifférents (*Achlya bisexualis*, *Saprolegnia ferax*, etc.) [2]. Dans une Note antérieure [3], nous avons montré que les filaments de *N. galligena* contiennent de fortes doses d'acide indol-β-acétique et sécrètent cette substance dans le milieu de culture, alors que *N. cinnabarina* n'en donne pas. Nous avons voulu voir par la suite comment réagiraient ces deux microorganismes en présence de doses identiques d'acide indol-β-acétique. A cet effet, des cultures dans des milieux définis ont été effectuées depuis 1948.

Les milieux A et B [4] ont été utilisés. Les doses d'acide ci-après furent ajoutées par litre : $0^{mg},020$, $0^{mg},200$, 2^{mg}, 20^{mg}, 50^{mg}, 200^{mg}, 500^{mg}, 1^{g}, $1^{g},5$ et 2^{g}. Les mêmes substratum, sans acide, servirent de témoins. Les cultures ont été installées dans des tubes inclinés de 2^{cm} de diamètre, la température de stérilisation étant de 105°. Dans tous les cas et dans la mesure du possible le même volume de filaments fut ensemencé. On maintint la température de l'étuve à 22° sauf dans les séries d'expériences conduites en plein été. Les souches utilisées provenaient du Laboratoire de Baarn. De nombreuses cultures nous ont prouvé que les deux milieux témoins conviennent à la croissance des champignons étudiés, mais sont défavorables à la septation de leurs conidies et à l'apparition des périthèces. Le milieu A s'est montré un peu plus favorable à la poussée des deux *Nectria* que le milieu B. En présence de doses de plus en plus élevées d'acide indol-β-acétique, on constate que : $0^{mg},020$ accélère légèrement la croissance de *N. galligena*, $0^{mg},200$ l'inhibe déjà fortement, 2^{mg} davantage. Pratiquement, il n'y a plus de croissance en surface en présence de

(1) Ruth Richards, *Bot. Gaz.*, **110**, 1949, p. 524-550; R. Morquer et F. Nysterakis, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 950.

(2) Wolf, *Amer. Journ. Bot.*, **24**, 1937, p. 119-123; Murdia, *Cur. Sci.*, **8**, 1939, p. 362-363.

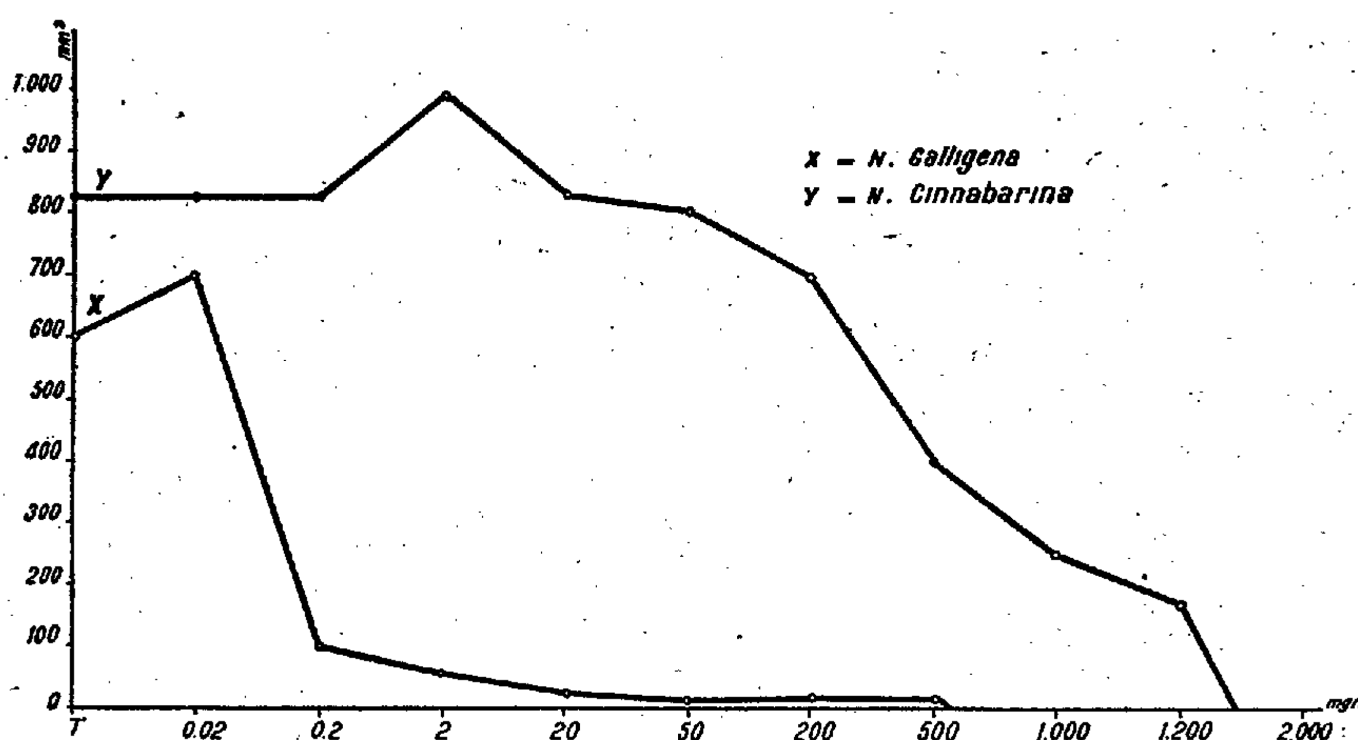
(3) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1052.

(4) A : Milieu II employé par MM. Morquer et Nysterakis, *Bul. Soc. Hist. Nat.*, Toulouse, **83**, 1948; B : Knop au 1/2 plus 13^{g} gélose plus 30^{g} glucose.

20 à 200^{mg}; seul le volume de la masse ensemencée est légèrement accru; à 500^{mg} des signes prononcés d'intoxication apparaissent dès les premiers jours de l'ensemencement. Un gramme par litre provoque la mort du champignon.

N. cinnabarina reste indifférent à l'action de l'auxine jusqu'à la dose de 0^{mg},200; 2^{mg} accélère sa croissance. A 20 et 50^{mg} le champignon pousse avec la même intensité que sur le milieu-témoin, 200^{mg} l'inhibe légèrement. A 500^{mg} il occupe en moyenne, la moitié de la surface du témoin; à 1^{g} et 1^{g},2 le quart; cependant, à cette dernière dose, des signes d'intoxication commencent à apparaître (coloration et turgescence modifiées). Deux grammes par litre provoquent rapidement la mort du microorganisme. A noter que l'hétéroauxine est légèrement moins active dans le milieu A que dans le milieu B; sur ce dernier, à la concentration de 200^{mg} d'acide, *N. cinnabarina* couvre, en moins de 30 jours, toute la surface du substratum d'un feutrage mycélien assez dense; sur le milieu A, à la même dose d'auxine, il produit un amas assez volumineux de forme coralloïde entourée d'une auréole de filaments comparable à celle observée sur le milieu B mais ne couvrant pas toute la surface. A des doses supérieures l'aspect corralloïde prédomine dans les deux cas. L'examen microscopique nous a révélé des différences marquées dans la forme des filaments, le nombre et les dimensions des conidies. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

Les courbes ci-après montrent la croissance moyenne des deux champignons ensemencés le 16 novembre 1948 et les 11 janvier et 16 juin 1949 sur milieux



A et B. Les mesures ont été prises au 45e jour de culture. En ordonnées la surface en millimètres carrés occupée à cette date; en abscisses la teneur en acide indol-β-acétique par litre. De cette série d'expériences il ressort que : la croissance de *N. galligena* est accélérée par 0^{mg},020 d'acide tandis que celle de *N. cinnabarina* nécessite 2^{mg}. Une action inhibitrice s'observe en présence

de $0^{mg},200$ d'acide dans le cas de *N. galligena;* il faut au moins 1^{g} par litre pour que la croissance de *N. cinnabarina* présente le même degré d'inhibition. La dose toxique pour *N. galligena* est voisine de 500^{mg}; celle de *N. cinnabarina* se trouve entre $1^{g},2$ et 2^{g}.

On doit donc admettre que la sensibilité des champignons à l'action de l'hétéroauxine n'est pas en relation avec leur capacité d'élaborer cette substance puisque *N. cinnabarina* qui n'en contient pas est relativement très peu sensible, tandis que *N. galligena* qui en produit est d'une extrême sensibilité. Ces résultats peuvent avoir une portée beaucoup plus générale.

PHYSIOLOGIE. — *Flore microbienne intestinale et hypervitaminose* PP *chez le Lapin*. Note (*) de Mme **Lucie Randoin** et M. **Jean Causeret**, présentée par M. Robert Courrier.

En 1944, Handler (1) a signalé que l'introduction de 1 % d'amide nicotinique dans la ration du Lapin ne modifie pas le développement de cet animal, alors qu'une dose identique de la même vitamine entraîne une inhibition de la croissance chez le Rat (2), dont les troubles d'hypervitaminose PP seraient dus à l'épuisement de ses réserves de groupements *méthyle*, cet épuisement ayant lui-même pour origine une augmentation de la synthèse et de l'excrétion urinaire des dérivés méthylés de la vitamine PP; chez le Lapin, l'absence de ces troubles seraient due au fait que cet animal n'excrète pas l'amide nicotinique sous forme de dérivés méthylés.

En 1949, nous avons souligné la fragilité des hypothèses de Handler (3) et nos propres recherches (4) nous ont amenés à considérer l'hypervitaminose PP du Rat comme un état de *carence indirecte* en certains facteurs du groupe B (acide pantothénique surtout, secondairement thiamine et pyridoxine).

Dans ces conditions, la résistance remarquable qu'oppose le Lapin aux effets de fortes doses d'amide nicotinique ne serait-elle pas due à l'activité de sa flore microbienne intestinale, qui synthétiserait les facteurs du groupe B en quantités trop importantes pour que des carences indirectes puissent résulter d'un enrichissement de la ration en vitamine PP ?

Trois expériences vérifient l'exactitude de notre hypothèse.

1. *Absence de troubles d'hypervitaminose* PP, *chez le Lapin, par introduction de 2 % d'amide nicotinique dans son régime*. — Six jeunes Lapins de $1^{kg},700$ à $1^{kg},900$ sont répartis en 2 lots de 3 sujets. Les animaux du *lot* I sont soumis,

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(1) *Journ. of biol. Chem.*, 154, 1944, p. 203.

(2) *Journ. of biol. Chem.*, 146, 1942, p. 357.

(3) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 504.

(4) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 367 et 399.

durant 60 jours, à un régime formé de 75 % d'orge concassée et de 25 % de farine de luzerne, ce régime leur étant distribué après humidification convenable (50^g d'eau pour 100^g de régime à l'état sec). Ceux du *lot* II reçoivent le même régime, additionné de 2 % d'amide nicotinique.

Le poids des animaux du lot I augmente en moyenne de 14^g par jour, celui des animaux du lot II, de 12^g. Malgré une chute de poids d'environ 100^g au début de l'essai chez les sujets du lot II, la croissance de ces derniers est donc tout à fait comparable à celle des témoins.

En accord avec Handler, nous prouvons ainsi qu'une dose d'amide nicotinique suffisante pour provoquer, chez le Rat, une dénutrition allant jusqu'à la mort ([4]) n'a aucune influence sur le développement du Lapin.

2. *Possibilité de provoquer un ralentissement de la croissance chez le Lapin au moyen de la même dose d'amide nicotinique, en présence d'un inhibiteur de la flore bactérienne intestinale (succinylsulfathiazol).* — Dix Lapins pesant de 2^{kg},200 à 3^{kg},200 sont répartis en 2 lots de 6 et 4 sujets. *Durant* 20 *jours*, les animaux du *lot* I reçoivent le même régime qu'au cours de la période précédente, mais avec 2 % de succinylsulfathiazol, et les animaux du *lot* II sont soumis au même régime, avec 2 % de succinylsulfathiazol et 2 % d'amide nicotinique.

Les animaux du lot I gagnent en moyenne 15^g par jour (de + 6 à + 21), mais ceux du lot II perdent en moyenne 22^g par jour (de — 8 à — 36).

En présence d'un inhibiteur de la flore bactérienne intestinale, un excès d'amide nicotinique déclenche donc, chez le Lapin, une importante perte de poids.

3. *Reprise de la croissance, chez le Lapin en hypervitaminose* PP, *sous l'influence de certains facteurs vitaminiques du groupe* B. — A la fin de l'expérience précédente, les Lapins du *lot* I sont répartis en 2 groupes de 2 (*groupes* A *et* B) et les Lapins du *lot* II en 3 groupes de 2 (*groupes* C, D *et* E). Tous continuent à recevoir le même régime de base, supplémenté par diverses substances mentionnées ci-dessous :

		Amide nicotinique (%).	Succinyl-sulfathiazol (%).	Pantothénate de calcium (mg pour 100^g).	Acide folique (mg pour 100^g).	Gain ou perte de poids (g/jour).
Lot I	Groupe A...	–	2	10	0,25	+ 6
	Groupe B...	–	2	–	–	+16
Lot II	Groupe C...	2	2	10	–	+ 1
	Groupe D...	2	2	10	0,25	+ 8
	Groupe E...	2	2	–	–	—14

On voit que l'acide pantothénique (*groupe* C) arrête la perte de poids due à l'hypervitaminose PP, et que le complexe acide pantothénique-acide folique (*groupe* D) permet une certaine reprise de la croissance; leur effet curatif est immédiat. Administrés à des animaux dont le régime est enrichi en amide

nicotinique non accompagnée de succinylsulfathiazol (*groupe* A), l'acide pantothénique et l'acide folique, loin d'améliorer la croissance, la ralentissent assez nettement : leur effet favorable sur les animaux des groupes C et D n'est donc pas dû à une teneur insuffisante du régime en ces vitamines.

Conclusion. — En présence d'un inhibiteur de la flore microbienne intestinale (succinylsulfathiazol), de fortes doses d'amide nicotinique, auxquelles le Lapin est ordinairement insensible, provoquent, chez cet animal, une rapide et importante perte de poids; mais le complexe acide pantothénique-acide folique, et même l'acide pantothénique seul, peuvent amener la reprise de la croissance, malgré l'hypervitaminose PP.

La résistance remarquable du Lapin vis-à-vis de fortes doses d'amide nicotinique dans son régime serait donc due à l'activité de sa flore microbienne intestinale.

PHYSIOLOGIE. — *Variations des efforts moteurs et de freinage en fonction de la vitesse d'exécution du mouvement volontaire.* Note de MM. **Jean Darroquy**, **Lucien Lauru** et **Louis-Camille Soula**, transmise par M. Léon Binet.

Dans deux Communications précédentes [1], nous avons montré la possibilité de mesurer les efforts dynamiques mis en jeu au cours d'un mouvement volontaire.

L'étude de la variation des efforts en fonction du poids soulevé nous a montré que la vitesse d'exécution spontanée du mouvement variait avec la charge. La vitesse adoptée par le sujet croît d'abord avec le poids soulevé, puis, au-delà d'une certaine charge, le mouvement se ralentit quand le poids soulevé augmente (*fig.* 1). Les mesures effectuées dans ces expériences nous ayant montré l'influence de la vitesse d'exécution sur l'intensité des efforts dynamiques, le présent travail porte sur la mesure de ces efforts en fonction de la vitesse d'exécution du mouvement.

Le mouvement étudié est le mouvement de redressement du corps après flexion sur les membres inférieurs. Le sujet prend un objet au sol et le dépose à 80^{cm} de hauteur. Le sujet est placé sur la bascule à quartz piézo-électrique précédemment décrite [1]; il exécute un mouvement de flexion, reste en flexion quelques fractions de seconde, ceci afin de bien séparer les différentes parties de l'enregistrement, puis exécute le mouvement de redressement.

Ce mouvement a été exécuté à des vitesses variables imposées, allant de la vitesse la plus lente compatible avec le mouvement ininterrompu à la vitesse la plus rapide que pouvait exécuter le sujet. La durée d'exécution du mouvement est mesurée au moyen d'un pointage sur la bande d'enregistrement tous les 1/10 de seconde. La précision de l'échelle des temps est de $\pm$ 1/100 de seconde.

---

(1) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 71; **230**, 1950, p. 1000.

L'enregistrement des efforts de redressement (*fig.* 2) offre à considérer un effort moteur M et un effort de freinage F. La valeur des efforts est mesurée

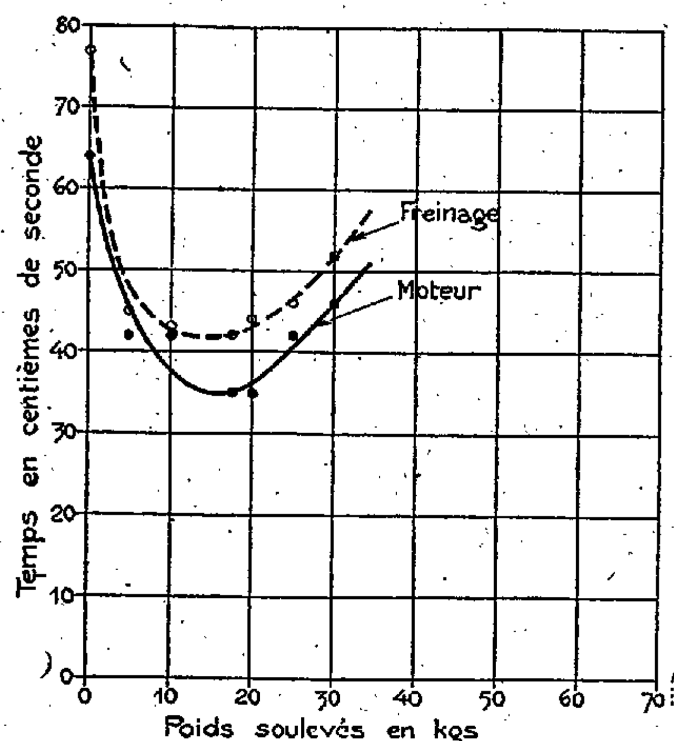


Fig. 1. — Influence de la charge sur le temps d'exécution spontané du mouvement de redressement du sol à $0^{m},80$ de hauteur.

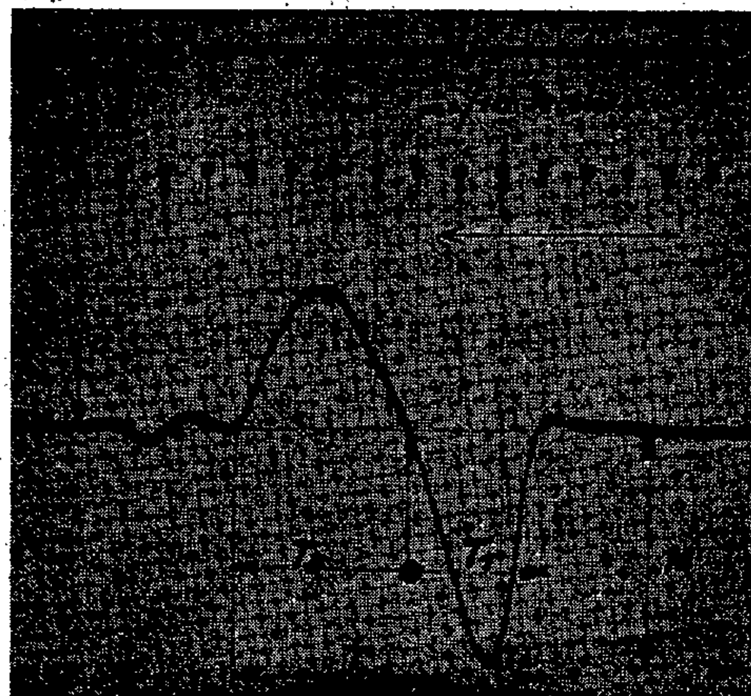


Fig. 2. — Enregistrement d'un mouvement de redressement sans charge du sol à $0^{m},80$ de hauteur.

par l'amplitude maximum du déplacement du spot à partir de la ligne O et est exprimée en kilogrammes. La distance T indique la durée totale du mouvement, la longueur T_1 la durée de l'effort moteur et la longueur T_2 la durée de l'effort de freinage.

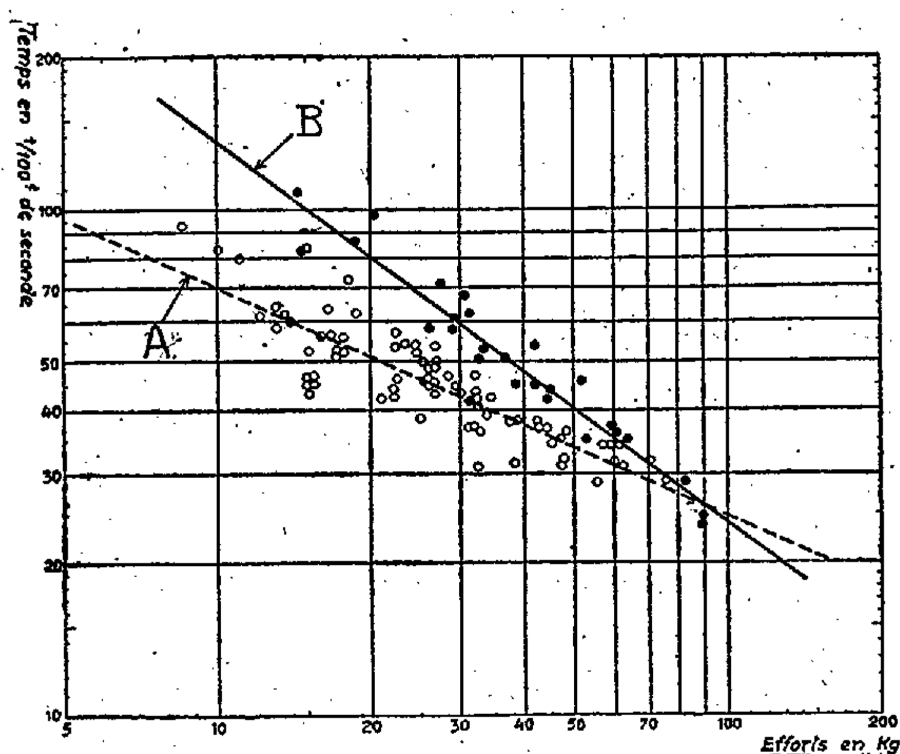


Fig. 3. — Influence du temps d'exécution du mouvement de redressement sur l'effort moteur, sans charge (courbe A) et avec charge de 8^{kg} (courbe B).

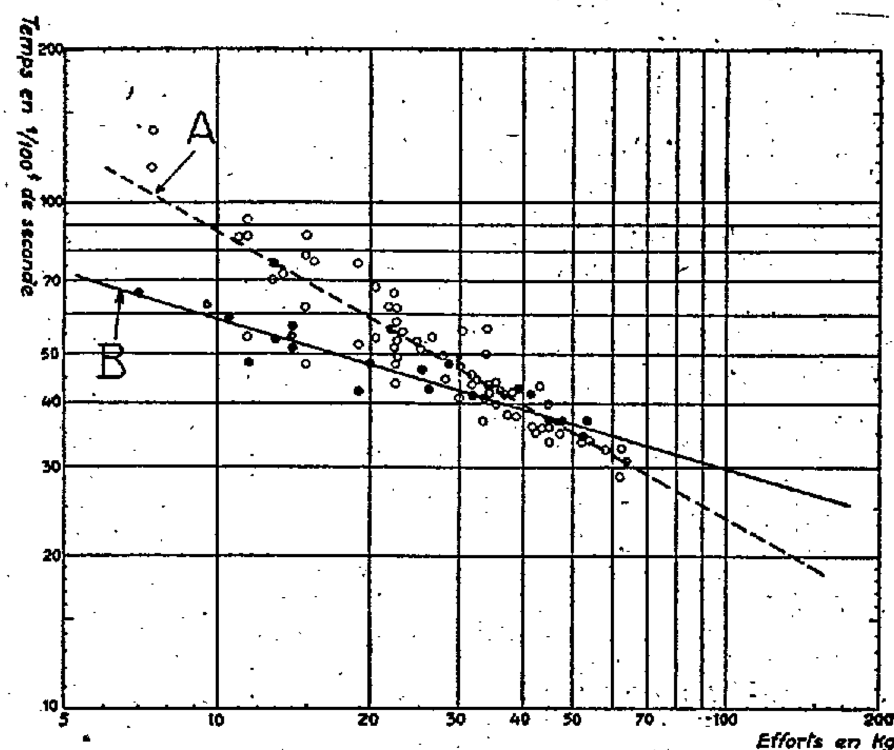


Fig. 4. — Influence du temps d'exécution du mouvement de redressement sur l'effort de freinage, sans charge (courbe A) et avec charge de 8^{kg} (courbe B).

Effort moteur. — Nous avons tracé (*fig.* 3), en fonction de leur durée, la

courbe des variations des efforts moteurs sans charge (courbe A) et avec charge de 8^{kg} (courbe B). Ces courbes montrent que les efforts moteurs augmentent avec la vitesse d'exécution du mouvement : pour une durée de 60/100 de seconde, l'effort moteur de redressement à vide est de 13^{kg},5. Pour le même mouvement exécuté au 3/100 de seconde, l'effort s'élève à 65^{kg}. L'exécution du mouvement aux mêmes vitesses avec soulèvement d'un poids de 8^{kg} nécessite des efforts de 30 et 75^{kg}.

Effort de freinage. — Pour les mêmes conditions, nous avons tracé (*fig*. 4), en fonction de leur durée, la courbe des variations des efforts de freinage. Pour une durée de 60/100 de seconde, dans le mouvement de redressement sans charge, l'effort de freinage est de 19^{kg}; si la durée du freinage est de 30/100 de seconde, l'effort s'élève à 64^{kg}. Avec 8^{kg} de charge, et pour le même temps d'exécution, les efforts de freinage sont respectivement de 9 et 100^{kg}.

Nous pouvons dégager de ce qui précède, les conclusions suivantes :

1° Les efforts moteurs augmentent en fonction de la vitesse, pour un mouvement exécuté à vide ou avec charge ;

2° Les efforts de freinage augmentent également en fonction de la vitesse.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet de l'asymétrie de l'œil.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, transmise par M. Jean Becquerel.

En complétant par un prisme de Wollaston un dispositif qu'il avait utilisé antérieurement, l'auteur mesure l'aberration sphérique de son œil droit suivant quatre méridiens différents de la cornée. Les résultats obtenus montrent que l'œil étudié ne possède aucune symétrie, bien qu'il soit pratiquement dénué d'astigmatisme.

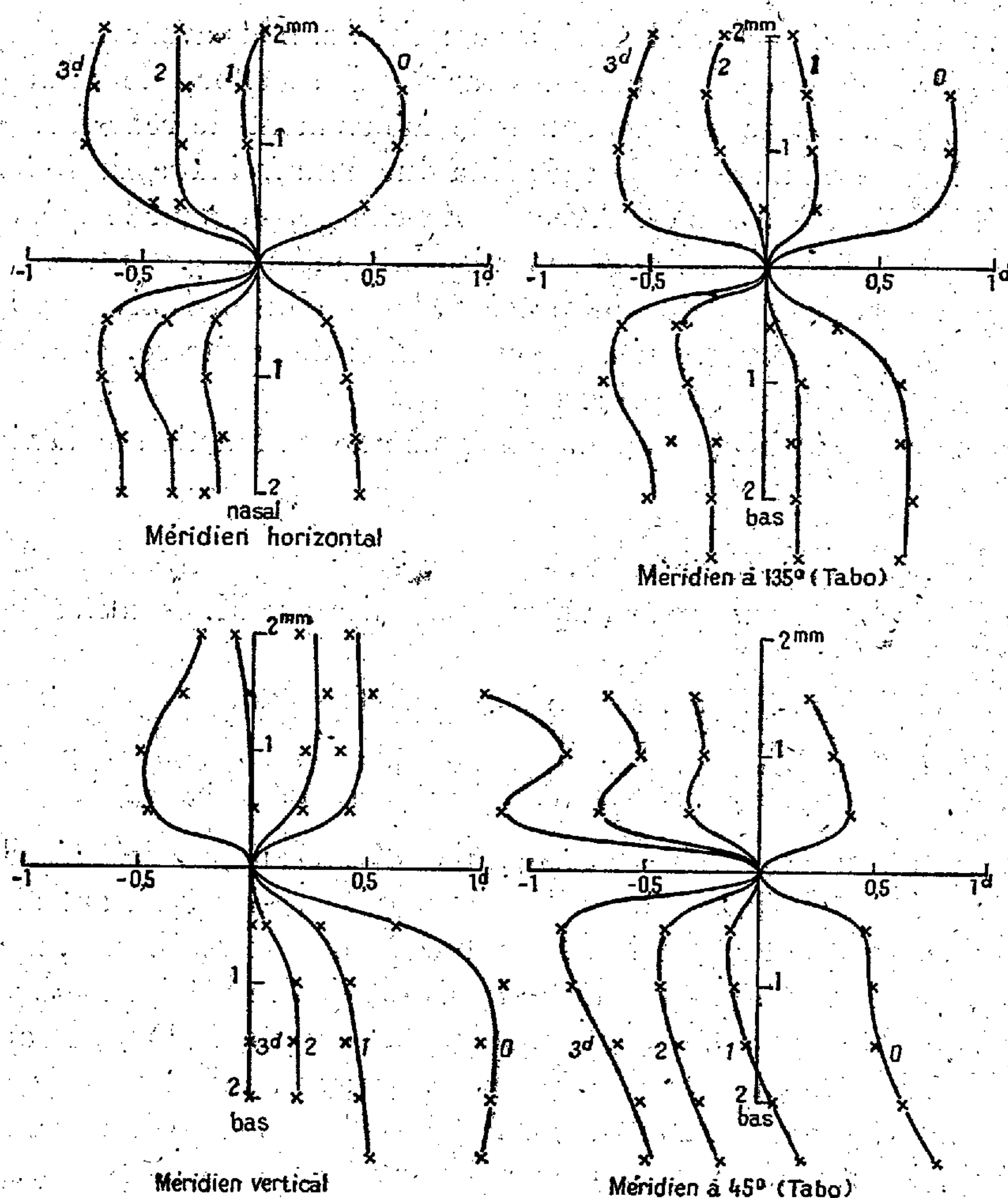
Des résultats fragmentaires obtenus par divers auteurs laissaient prévoir que l'aberration sphérique d'un œil varie d'un méridien à un autre. Aucune mesure précise n'ayant toutefois été effectuée à notre connaissance, nous avons étudié l'aberration sphérique d'un œil suivant quatre méridiens de la cornée orientés à 45° l'un de l'autre, par la méthode de parallaxe ([1]), que nous avions utilisée antérieurement pour mesurer l'aberration sphérique de 10 yeux suivant leur méridien horizontal ([2]). Pour passer d'un méridien de la cornée à un autre, il est commode de placer devant l'œil un prisme redresseur de Wollaston : si l'on tourne ce prisme d'un certain angle autour de son axe optique, tout se passe comme si l'on tournait tout le dispositif de mesure par rapport à l'œil d'un angle double. Il suffit que le prisme soit de bonne qualité optique, afin que les deux pinceaux lumineux pénétrant dans l'œil restent sensiblement homocentriques.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 170.

([2]) *Revue d'Optique*, **26**, 1947, p. 145.

La figure représente les résultats ainsi obtenus suivant quatre méridiens de l'œil droit de l'auteur, en lumière jaune de sodium. En abscisse la valeur, en dioptries, de l'aberration sphérique (comptée positivement ou négativement suivant qu'il y a sous-correction ou sur-correction). En ordonnée la distance à l'axe achromatique de l'œil, en millimètres. Chaque courbe correspond à un état d'accommodation donné de l'œil (0, 1, 2 ou 3 dioptries).



On voit que l'œil étudié ne possède aucune symétrie, bien que son astigmatisme, mesuré par la méthode du brouillard, soit inférieur à 0,5 dioptrie. La correction de ce léger astigmatisme par un verre cylindrique ne modifie d'ailleurs pratiquement pas les résultats.

L'asymétrie de l'œil nous semble due principalement à l'hétérogénéité du cristallin. Elle rend critiquable la mesure de l'aberration sphérique de l'œil par la méthode des pupilles annulaires.

BIOLOGIE. — *Effet de l'oxygène sur la formation de quelques enzymes chez le mutant* petite colonie *de* Saccharomyces cervisiæ. Note de M. **Piotr P. Slonimski**, présentée par M. Robert Courrier.

L'étude comparée de la levure normale et d'un mutant à déficience respiratoire montre que les limites des variations adaptatives des divers constituants du système des cytochromes sont fixées par le patrimoine héréditaire.

Dans une Note précédente (1), il a été montré que la formation des cytochromes chez la levure de boulangerie peut être considérée comme une synthèse adaptative : elle est nulle en anaérobiose, est déclenchée par l'oxygène, et peut s'effectuer sans multiplication cellulaire. Il nous a paru intéressant d'examiner à ce point de vue le comportement des mutants *petite colonie* caractérisés comme on sait (2) par une déficience respiratoire due au manque des cytochromes a et b et de la cytochrome-oxydase. La comparaison des résultats obtenus avec les souches normale et mutante apporte quelques précisions concernant le mécanisme de la biosynthèse des cytochromes.

Les techniques utilisées dans le présent travail sont identiques à celles indiquées dans la Note précédente (*loc. cit.*).

1. Le spectre de la souche mutante 59 RA cultivée en aérobiose présente à l'état réduit une bande forte ($\alpha c = 550^{m\mu}$) et deux bandes faibles ($\beta c = 520^{m\mu}$ et $\alpha a_1 \approx 580^{m\mu}$). L'examen de cette levure après chauffage ne permet de voir que les bandes thermostables αc, βc et αa_1.

2. La même souche ayant proliféré, pendant quelques générations cellulaires, en anaérobiose ne se distingue plus de la souche normale cultivée dans les mêmes conditions. Elle présente en effet à l'état réduit les bandes du cytochrome $b_1(\alpha b_1 = 557-9^{m\mu})$ et du cytochrome $a_1(\alpha a_1 \approx 580^{m\mu})$ et est dépourvue du cytochrome c. L'observation à $-170°$ de cette levure chauffée à 80° pendant 20 minutes permet de distinguer une forte bande centrée à $553-4^{m\mu}$.

3. Mise en présence d'oxygène, dans du tampon phosphate glucosé, la levure anaérobie décrite en 2, passe à l'état décrit en 1. Les termes de passage sont caractérisés par un effacement progressif de la bande αb_1 et de la bande thermostable à $553-4^{m\mu}$, au fur et à mesure que la teneur en cytochrome c augmente. Après 23 heures d'aération, le spectre de la levure anaérobie devient identique à celui de la culture aérobie. Les résultats des dosages et des mesures manométriques sont donnés dans le tableau ci-dessous.

---

(1) B. Ephrussi et P. Slonimski, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 685.
(2) P. Slonimski et B. Ephrussi, *Ann. Inst. Pasteur*, 77, 1949, p. 47.

Levure.	Q_{O_2}(N) (³).	Q_{CO_2}(N) (³) fermentation.	γ Fe × 10^{-3}/mgN cytochrome *c*.	protohème.
Aérobie	10	2200	4,3	4,1
Anaérobie	0	1600	<0,2	3,6
Anaérobie après 7h30 d'aération dans du tampon	1	0	<0,2	2,5
Anaérobie dans du tampon glucosé.	0	2500	2,4	4,4
Anaérobie après 23h d'aération dans du tampon	0	17	<0,2	0,9
Anaérobie dans du tampon glucosé.	0	2300	6,3	5,8

4. La comparaison de l'adaptation à l'oxygène en présence du glucose des levures normale et mutante montre une profonde différence : chez la dernière, la disparition des cytochromes a_1 et b_1 n'est pas accompagnée de l'apparition des cytochromes *a* et *b*, ni en conséquence, de la capacité respiratoire; l'augmentation de la teneur en protohémines totales est négligeable par comparaison avec celle observée chez la levure normale. D'autres différences entre les souches normale et mutante sont révélées par l'étude de leur évolution dans le tampon non glucosé. Ici la levure mutante montre une diminution notable de la teneur en protohémines, l'absence de synthèse du cytochrome *c* et l'abolition du pouvoir de faire fermenter le glucose. Ces faits sont apparemment liés à l'incapacité de la levure mutante d'utiliser ses réserves endogènes. Aucun de ces trois phénomènes n'est observé chez la levure normale placée dans les mêmes conditions (⁴).

Le fait de la synthèse, sous l'action de l'oxygène, du cytochrome *c* chez le mutant dépourvu de cytochrome-oxydase pose les problèmes du rôle physiologique de ce constituant et du mécanisme de l'intervention de l'oxygène dans les phénomènes observés. Un autre problème soulevé par les observations décrites est celui du mécanisme de l'abolition provisoire du pouvoir fermentaire chez la levure mutante, cultivée en anaérobiose et aérée en absence d'une source énergétique extérieure.

(³) Valeurs obtenues pendant les 60 premières minutes des mesures manométriques en présence de glucose à 4 %.

(⁴) B. Ephrussi et P. Slonimski, *Bioch. et Bioph. Acta*, (sous presse).

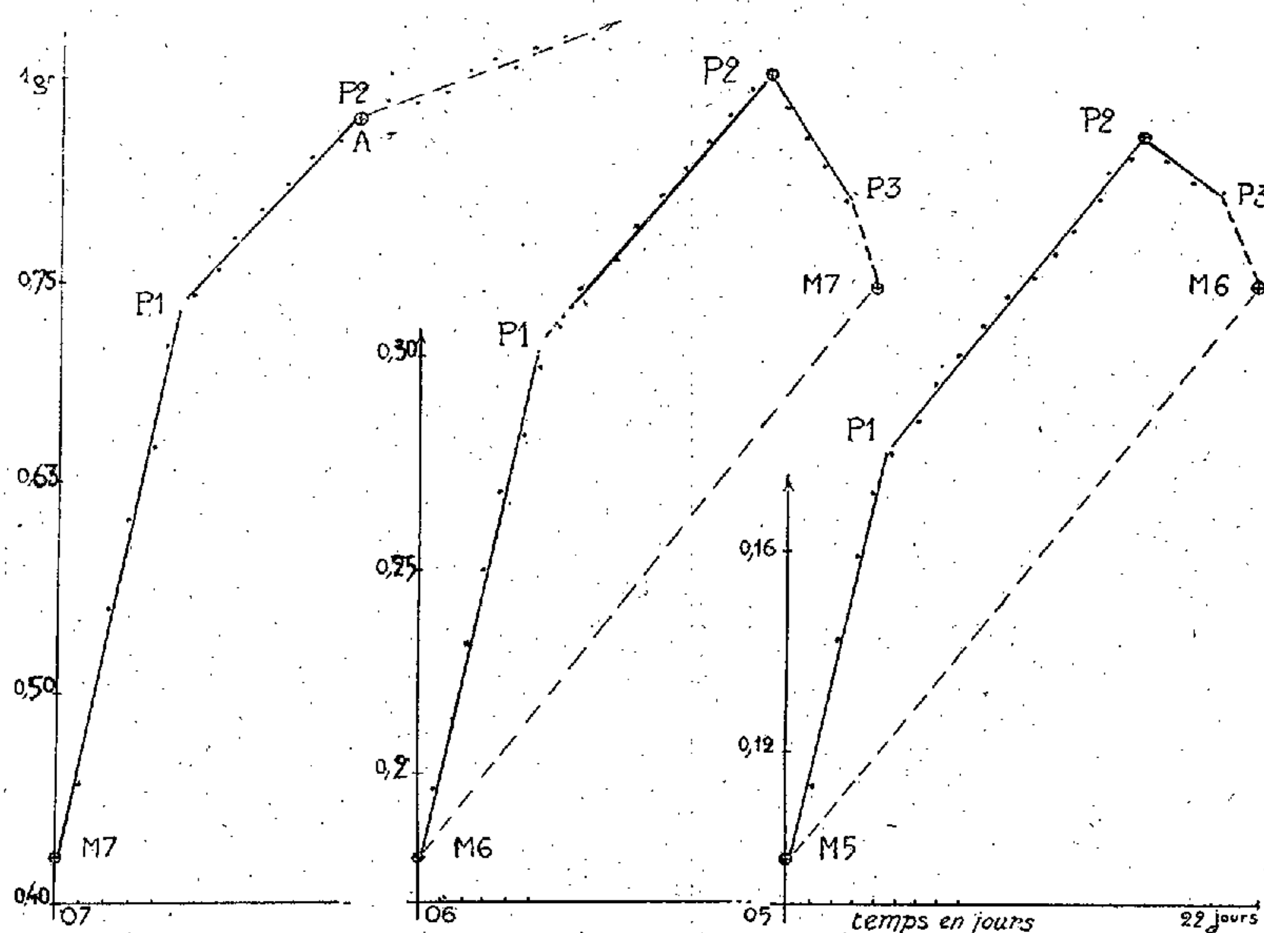
BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La croissance pondérale du Phasme* (Carausius morosus *Br.*) *au cours des deux derniers âges larvaires et de la vie imaginale.* Note (*) de M. **André Voy**, présentée par M. Maurice Caullery.

La croissance pondérale du Phasme, étudiée par des pesées quotidiennes, permet d'élucider les relations susceptibles d'exister entre les diverses parties de la courbe de croissance et les périodes successives du cycle de l'intermue.

Les pesées d'individus isolés d'un même élevage soumis à des conditions constantes (température, etc.) étaient faites tous les matins à la même heure.

1° *Avant-dernier âge larvaire.* — Sa durée moyenne (mode) à une température moyenne de 18° à 20° (tableau) est de 20 jours. Les poids quotidiens moyens ont été calculés sur des séries d'au moins dix individus de même intermue.

Le graphique log. poids/temps (*fig.* M5-M6) permet de décomposer l'intermue en trois phases successives.



Graphique log.poids/temps au cours des deux derniers âges larvaires (M5-M6, M6-M7) et de la vie imaginale (M7). Cas d'une intermue de 22 jours, (Les courbes normalement les unes au-dessous de autres ont été placées côte à côte pour la mise en page.) A, début de l'âge adulte.

La première, définie par un taux d'accroissement pondéral élevé, paraît correspondre au remplissage du tube digestif vidé lors de la mue.

La deuxième (P 1-P 2), plus longue, avec un taux moindre, correspond à la

(*) Séance du 17 juillet 1950.

roissance proprement dite; la droite la représentant est parallèle à celles joignant les points figuratifs des mues (M 5-M 6-M 7).

La troisième (P 2-P 3) définie par une diminution régulière de poids précédant la mue, correspond au jeûne et au vidage du tube digestif. Une chute brusque de poids, marquant l'exuviation, la termine.

A la température de 23 à 25° (mode 16 jours), le graphique présente les mêmes éléments; les durées des trois phases sont raccourcies. (Les graphiques individuels offrent, malgré quelques irrégularités, une allure très comparable à celle des graphiques de moyennes.)

2° *Dernier âge larvaire.* — La croissance pondérale, au cours de l'intermue pré-imaginale ([1]), retrace les trois phases avec des durées moyennes un peu plus longues (mode).

Des intermues égales, pour les deux derniers âges larvaires, montrent des phases correspondantes de même durée.

		Age larvaire.						
		Avant-dernier.			Dernier.			
	Durée en jours.	P 1.	P 2.	P 3.	P 1.	P 2.	P 3.	
	13........	2,5	7,5	3	–	–	–	
	14........	3	8	3	–	–	–	
	15........	3	9	3	–	–	–	
23 à 25° :	**16........**	**3**	**10**	**3**	–	–	–	
	17........	3,4	10,5	3	3	10,5	3,5	
	18........	3,5	11	3,5	3	11	4	
	19........	4	11	4	**4**	**11**	**4**	**de 23 à 25°**
18 à 20° :	**20........**	**4**	**12**	**4**	5	11	4	
	21........	5	12	4	5	11	5	
	22........	5	12	5	5	11,5	5,5	
	23........	6	12	5	**5,5**	**12**	**5,5**	**de 18 à 20°**
	24........	7	12	5	6	12,5	5,5	
	25........	–	–	–	7	12,5	5,5	
	26........	–	–	–	7	13	6	
	27........	–	–	–	7	14	6	
	28........	+	–	–	7	15	6	

Nota. — Les lignes en chiffres gras donnent les durées des trois phases des deux derniers âges larvaires pour le mode à 18-20° et 23-25°.

La décomposition de l'intermue, déduite des variations pondérales, ne coïncide pas avec celle résultant des variations du pouvoir régénérateur : la perte de celui-ci et le décollement de la cuticule ancienne ([2]) se trouvent en pleine période de croissance et n'influent pas sur son taux.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 251-252.

([2]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 246.

3° *Vie imaginale.* — Son début est caractérisé par une période (6 jours à 18 à 20°) d'accroissement pondéral rapide, semblable à celle marquant le début des intermues, et a la même signification. Une deuxième (7 jours à 18 à 20°), analogue par son allure à la deuxième phase des intermues, correspond au développement des ovules, qui, durant la phase précédente, n'ont pas encore commencé leur accroissement. Elle prend fin quand débute la ponte. Celle-ci dure plusieurs mois; elle s'accompagne d'abord d'un faible accroissement de poids, puis d'une lente chute jusqu'à la mort, précédée de quelques jours seulement par la fin de la ponte.

A 23 à 25°, les deux premières phases se réduisent respectivement à 5 et 6 jours.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'orientation des embryons obtenus par fissuration perpendiculaire à l'axe présumé du blastoderme de l'œuf de Cane.* Note (*) de M. **Hubert Lutz**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré récemment ([1]) que la fissuration du blastoderme de l'œuf de Cane entraîne la formation de jumeaux. Dans le cas de fissures menées perpendiculairement à l'axe présumé ([2]), les deux embryons peuvent être disposés soit tête contre tête (TT), soit tête contre queue (TQ). J'ai montré également que l'embryon issu de la moitié postérieure du blastoderme était toujours disposé dans le même sens que l'axe présumé ([2]). Seule l'orientation de l'embryon issu de la moitié antérieure est variable : tantôt il est de même sens que l'embryon postérieur, tantôt il est inversé. Il était donc intéressant de savoir sous quelle influence on peut obtenir l'une ou l'autre de ces deux dispositions.

Pour cela je me suis adressé à des œufs de Cane de race Kakhi Campbell, non incubés, ou incubés pendant 6, 9 ou 12 heures. La fissure perpendiculaire à l'axe présumé divise le blastoderme en deux parties égales. Des expériences, effectuées pendant les mois de janvier à avril, ont donné les résultats suivants :

1° *Œufs non incubés.* — Sur 44 cas, 38 paires d'embryons sont en position tête contre tête (TT) 6 autres en position tête contre queue (TQ). Dans 5 de ces cas, l'embryon issu de la moitié antérieure était dédoublé.

2° *Œufs incubés pendant* 6 *heures.* — Sur 62 cas, 37 paires sont en position *TT* et 25 autres en position *TQ*.

3° *Œufs incubés pendant* 9 *heures.* — Sur 52 cas, 22 paires sont en position *TT* et 30 autres en position *TQ*.

4° *Œufs incubés pendant* 12 *heures.* — 24 paires sur 78 sont en position *TT* tandis que les 54 autres sont en position *TQ*.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) *Arch. Anat. micr. et Morph. exp.*, **38**, 1949, p. 79-144.

([2]) L'axe présumé est donné par la règle de von Baer, d'après laquelle l'axe du futur embryon est perpendiculaire au grand axe de l'œuf, le pôle obtus étant placé à la gauche de l'observateur, la tête du futur embryon est dirigée en avant.

Tableau montrant les résultats obtenus en fissurant perpendiculairement à l'axe présumé des blastodermes non incubés ou incubés pendant plusieurs heures.

	Blastodermes non incubés.	Blastodermes incubés pendant 6 heures.	9 heures.	12 heures.
Embryons tête contre tête *TT*....	38	37	22	24
Embryons tête contre queue *TQ*..	6	25	30	54
Total..............	44	62	52	78

Dans toutes ces expériences je n'ai pas tenu compte des résultats dans lesquels les embryons étaient parallèles. Ces derniers proviennent, comme on sait ([1]), de blastodermes qui présentaient une déviation d'environ 90° par rapport à la règle de von Baer ([2]).

Ainsi la *disposition primitive* de l'embryon issu de la moitié antérieure du blastoderme est plus ou moins fréquemment inversée par rapport à la normale. Cette inversion est presque générale dans le cas de blastodermes non incubés, mais sa fréquence diminue avec la durée d'incubation du blastoderme. En ce qui concerne l'orientation conforme de l'embryon antérieur, sa fréquence augmente avec la durée d'incubation. En effet, isolée avant l'incubation, la moitié antérieure semble avoir une orientation propre, inverse de l'axe normal définitif; isolée après quelques heures d'incubation, cette moitié a la même orientation que l'embryon postérieur. Il semble donc que pendant les premières heures de l'incubation, le blastoderme subit des modifications profondes.

De nouvelles expériences sur des *blastodermes non incubés* ont été effectuées aux mois de mai et de juin. Sur 58 cas, 7 paires d'embryons sont en position TT, tandis que 46 autres sont en position TQ. Ce résultat paraît, *a priori*, être en désaccord avec les résultats obtenus avec des œufs non incubés pendant les premiers mois de l'année et, par contre, être comparable à ceux obtenus avec des blastodermes incubés (*voir* Tableau).

Nous savons, depuis les travaux de Mathias Duval ([3]) et K. Peter ([4]), que la structure des blastodermes varie aux différentes époques de l'année. J'ai pu constater que des blastodermes, non incubés du mois de juin présentent la même structure que ceux incubés pendant 7 à 9 heures du mois de mars. La disposition tête contre queue, obtenue au mois de juin pourrait être rapportée à des blastodermes ayant même structure que ceux qui ont été incubés plusieurs heures pendant les premiers mois de l'année. La disposition des deux embryons devrait donc être rapportée à la structure du blastoderme au moment de l'opération.

On peut conclure que la moitié antérieure isolée du blastoderme non incubé en hiver possède une orientation propre, inverse par rapport à la normale.

([3]) *Ann. Sci. Nat. Zool.*, 18, 1884, p. 1-208.
([4]) *Zeitsch. mikr. anat. Forsch.*, 43, 1938, p. 362-415.

Quand la fissuration est effectuée sur un blastoderme incubé, ou sur un blastoderme non incubé d'été, l'embryon issu de la moitié antérieure a même orientation que l'embryon postérieur; cette variation est sans doute due à des modifications profondes de la moitié antérieure au moment de l'opération.

BIOCHIMIE. — *Influence de l'oxygénation des cultures sur la teneur des bactéries en pigments respiratoires à base d'hème.* Note (*) de M. **Pierre Schaeffer**, présentée par M. Robert Courrier.

Lorsque sur des suspensions bactériennes on procède à l'étude des bandes d'absorption des cytochromes et au dosage du cytochrome C et du protohème, il arrive qu'on constate des irrégularités, dépendant des conditions de culture, dans l'aspect du spectre « réduit » et dans les résultats des dosages. Or B. Ephrussi et P. Slonimski [1] ont récemment noté le rôle déterminant de l'oxygénation dans la biosynthèse des pigments respiratoires des levures. Les irrégularités que nous observions sur *Bacillus cereus*, souche *Caron*, pouvaient donc être dues à des différences dans l'aération de nos cultures. Notre but n'était cependant pas de simplement rechercher si l'on pouvait étendre aux bactéries les observations relatives aux levures, mais de permettre l'étude du mode d'action de la streptomycine (voir plus loin).

Le spectre de *B. cereus* cultivé en aérobiose (milieu liquide agité à l'air en couche mince) présente : 1° une bande αa, faible, centrée à 600-602$^{m\mu}$ à 18°; 2° une bande large et intense, centrée à 557-558$^{m\mu}$ (18°), se déplaçant à 554-555$^{m\mu}$ à —196°; un des composants de cette bande complexe est la bande αc, thermostable; 3° enfin une bande β, faible, vers 527-528$^{m\mu}$ (—196°).

Si la croissance a lieu, dans le même milieu, en atmosphère d'azote à 5 % de CO_2 (cultures *anaérobies*), les bandes αa et β ne sont plus visibles, même à — 196°. La large bande dans le vert, qui maintenant est très faible à 18°, se situe à 559$^{m\mu}$ à — 196°; elle est donc déplacée vers le rouge; le chauffage des bactéries (20 minutes à 80°) montre que ce déplacement est dû à la disparition du composant αc. Le dosage de protohème (sous forme d'hémochromogène pyridinique) et celui du cytochrome C, effectués sur des bactéries cultivées en *anaérobiose* montrent que *les teneurs en ces deux constituants sont inférieures à 1/7 et 1/15 respectivement de celles des cultures aérobies.*

Par analogie avec les travaux de Pappenheimer sur le mécanisme de production de la toxine diphtérique [2], nous nous sommes alors demandé si l'appauvrissement en cytochromes des organismes *anaérobies* n'allait pas de pair avec une excrétion de porphyrines. Nous avons extrait, et dosé au spectrophotomètre au maximum d'absorption (403$^{m\mu}$), les porphyrines éthérosolubles

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 685; *Bioch. Biophys. Acta*, 1950 (sous presse).

(2) *J. Biol. Chem.*, **167**, 1947, p. 251.

dans les filtrats de cultures tant aérobies qu'anaérobies. *La production de porphyrines, à peine décelable en aérobiose, est manifeste en anaérobiose,* atteignant en moyenne 135µg/l (³) pour une culture contenant 42mg d'azote bactérien par litre.

Notons que HCl à 0,1 % extrait une partie de ces porphyrines de leur solution éthérée, et que l'extraction est complète avec HCl à 0,6 % ; l'extraction des protoporphyrines ne commençant que lorsque la concentration en HCl dépasse 2 %, ce ne sont donc pas des protoporphyrines qui sont libérées.

Le comportement de *E. coli* est bien différent; quel que soit le mode, aérobie ou anaréobie, de culture, l'aspect du spectre et la teneur en protohème restent sensiblement inchangés. En aérobiose il n'y a pas de porphyrines décelables dans le milieu; on en décèle en anaérobiose, mais leurs concentrations absolue et surtout relative (par rapport aux porphyrines des pigments respiratoires endobactériens) sont très inférieures à celles trouvées pour *B. cereus*.

Tout se passe comme si, chez *B. cereus*, *l'anaérobiose inhibait la synthèse des cytochromes et laissait persister celle des porphyrines. Celles-ci, inutilisées, sont excrétées.* Ce phénomène est beaucoup moins marqué chez *E. coli*. Le mécanisme rendant possible l'aérobiose facultative, propriété commune aux deux espèces étudiées, semble être essentiellement différent dans les deux cas.

On peut se demander si certaines bactéries anaérobies *strictes* ne sont pas également capables de synthétiser des porphyrines. Des recherches en collaboration avec B. Nisman, limitées pour l'instant à quelques *Clostridium*, n'ont fourni que des résultats négatifs.

Ajoutons enfin que l'étude des mutants bactériens streptomycino-exigeants (⁴) nous a conduit à soupçonner puis, en collaboration avec P. Slonimski, à constater que *la carence en streptomycine entraîne une diminution importante de la teneur en cytochromes des bactéries exigeantes.* Ces résultats seront exposés dans une publication ultérieure.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Hydrolyse enzymatique de l'éthylphosphate.* Note (*) de M. Jekisiel Szulmajster et Mme Marianne Grunberg-Manago, présentée par M. Maurice Javillier.

Il a été signalé dans un travail précédent (¹), qu'au cours du métabolisme glucidique de *E. coli*, la formation des corps en C_3 par fixation de CO_2 se fait mieux sur l'éthylphosphate que sur l'alcool éthylique non phosphorylé. Ceci

---

(³) Chiffre exprimé en dichlorydrate d'hématoporphyrine, *cf.* (²).

(⁴) P. Schaeffer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 277 et 440; 229, 1949, p. 1032; *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 624.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(¹) E. Aubel, M. Grunberg-Manago et J. Szulmajster, *Biochimica et Biophysica Acta*, 3, 1949, p. 442.

nous a amenés à rechercher le rôle biologique de l'éthylphosphate et, tout d'abord, l'existence d'une phosphatase capable de l'hydrolyser.

Il existe une activité phosphatasique vis-à-vis de l'éthylphosphate chez plusieurs espèces bactériennes (*E. coli*, *Cl. Saccharobutyricum*, *Cl. Sporogenes*) et chez les levures (boulangerie et brasserie). L'hydrolyse de l'éthylphosphate se fait toujours par une phosphatase dont le pH optimum est situé à 3-3,5.

La figure 1 montre l'hydrolyse de l'éthylphosphate par la levure de boulangerie (Springer) en fonction du pH. Le degré d'hydrolyse dépend également de la concentration de l'éthylphosphate, M/180 étant la concentration optimum (*fig.* 2).

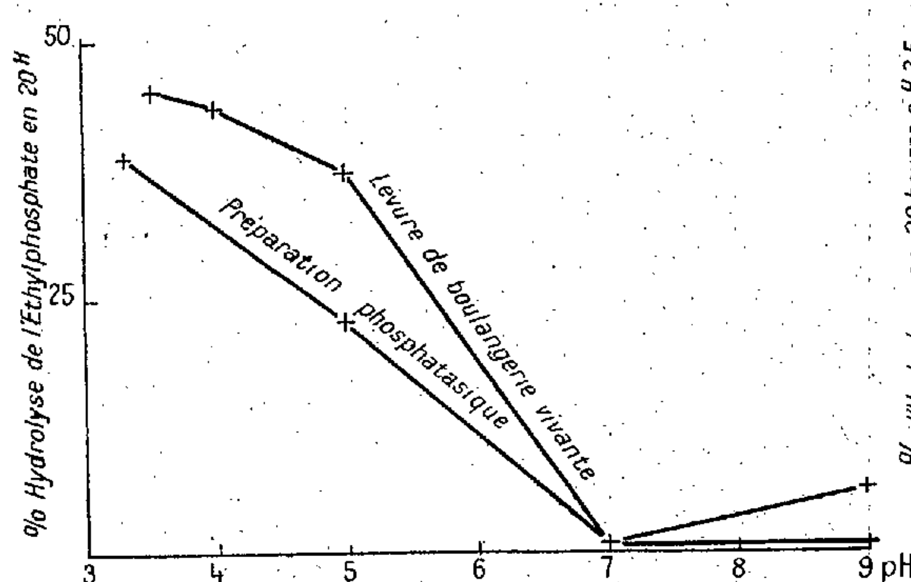


Fig. 1.

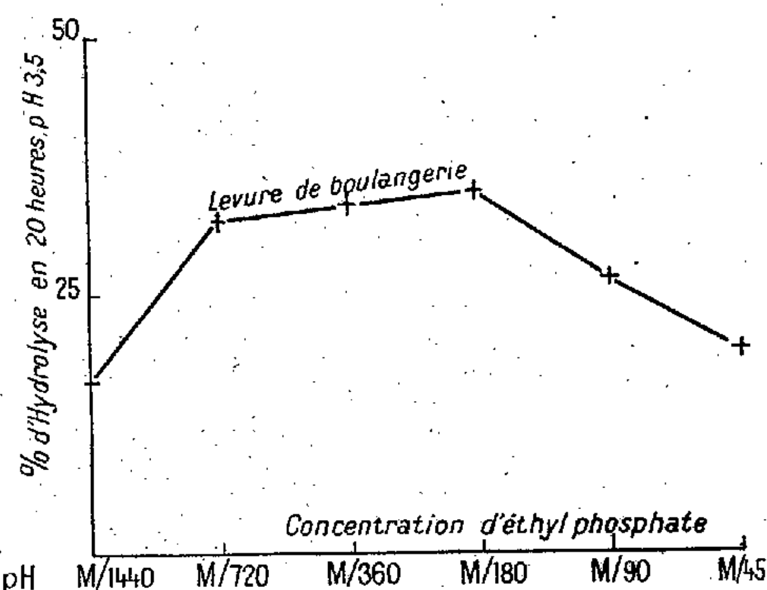


Fig. 2.

Le degré d'hydrolyse varie suivant les microorganismes étudiés; l'activité phosphatasique est très faible chez les anaérobies stricts, bien plus grande chez *E. coli* (anaérobie facultatif) et relativement très forte dans la levure de boulangerie, tandis qu'elle reste assez faible dans la levure de brasserie :

Microorganismes (500γs d'N/1cm³).	% d'hydrolyse en 20 heures exprimé d'après le P minéral libéré.
Cl. Sporogenes	2
Cl. Saccharobutyricum	7
E. coli	29
Levure de boulangerie (Springer)	54
Levure de brasserie (Demory)	18

Dans le cas de *E. coli* et de la levure de boulangerie nous avons dosé parallèlement le phosphore et l'alcool libérés au cours de l'hydrolyse, ce dernier étant toujours en quantité très inférieure par rapport au phosphore. Ceci s'explique par le fait qu'une partie de l'alcool est métabolisée.

Le fluorure de sodium à concentration M/30 inhibe à 100 % l'activité phosphatasique, alors que le cyanure de potassium à concentration M/1000 est sans action.

Pour mieux étudier les propriétés de cette phosphatase nous l'avons extraite à partir de la levure de boulangerie par la méthode d'Albers (²) modifiée.

2^kg,5 de levure de boulangerie (Springer) sont émiettés dans une conserve et mis à 37°, 10 minutes. On y ajoute ensuite 2^l,5 d'acétone à 25 % contenant 5 % d'acétate d'éthyle et 5 % de toluène, et on laisse autolyser 3 heures à 37°. Après centrifugation, on enrichit le liquide surnageant en acétone jusqu'à 60 %. Le précipité formé est séparé par centrifugation, lavé deux fois à l'acétone et à l'éther purs et séché sur P_2O_5. Toutes les opérations sont faites à 0°.

Pour faire une première purification, on met en suspension la substance dans l'eau distillée (70-80^cm³ environ) et l'on dialyse cinq jours contre 3^l d'eau distillée à froid, l'eau étant renouvelée tous les jours. La suspension dialysée est centrifugée et le liquide surnageant précipité par l'acétone de façon à avoir la concentration finale 60 %. Le précipité obtenu est centrifugé, lavé et séché comme précédemment. Il ne contient plus de protéines précipitables par l'acide perchlorique et est entièrement soluble dans l'eau.

A ce stade la préparation est active. La courbe d'hydrolyse de l'éthyl-phosphate en fonction du pH est pratiquement identique à celle observée avec la levure vivante (*fig.* 1). L'addition du Mg^{++} est sans effet, celle de la β-alanine [comme l'a préconisé Roche (³)] n'augmente que légèrement l'activité de la préparation (20 % environ). A pH 3,5 celle-ci libère environ 100^µg de phosphore de l'éthyl-phosphate par milligramme de N en une heure, ce qui représente une activité importante par rapport à celle trouvée chez les micro-organismes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Cinétique de la désoxyribonucléase.* Note de M. **Jean Grégoire**, présentée par M. Maurice Javillier.

En utilisant des tests physico-chimiques, plusieurs auteurs ont étudié la cinétique de la désoxyribonucléase (DNase). Mac Carty et Jungner (¹), (²) ont suivi la chute de viscosité des solutions d'acides désoxyribonucléiques, Kunitz (³) la production de substances diffusibles acido-solubles. Il était intéressant de suivre la réaction par un test chimique. Nous y sommes parvenu en mesurant l'acidité libérée par la DNase par suite de l'ouverture de certaines liaisons ester-phosphoriques de l'acide nucléique au moyen de la technique spectrophotométrique très sensible de J. Wajzer (⁴).

Nous avons titré l'acidité libérée par la DNase sur différents échantillons d'acides nucléiques et principalement sur un acide très polymérisé (acide du thymus) et sur un acide partiellement dépolymérisé (acide de laitance de poisson). La réaction a été effectuée en présence d'un indicateur coloré,

(²) H. Albers et E. Albers, *Z. Phys. Chem.*, **232**, 1935, p. 189.

(³) J. Roche, Bouchilloux et Vaudable-Roger, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **32**, 1950, p. 30.

(¹) *J. Gen. Physiol.*, **29**, 1946, p. 123-139.

(²) *Acta Physiol. Scand.*, **20**, suppl. 69.

(³) *J. Gen. Physiol.*, **33**, 1950, p. 363-377.

(⁴) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1270-1272.

le rouge de phénol, dont on a suivi la décoloration en fonction du temps sous l'action de l'acidité libérée par la DNase.

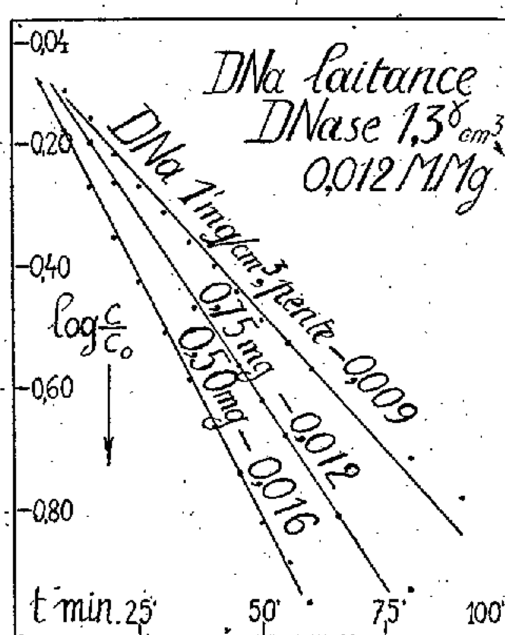
On met dans une cuve de 1^{cm} d'épaisseur du spectrophotomètre de Beckman, $0^{cm^3},4$ de solution de rouge de phénol en milieu phosphorique M/37,5 de pH 7,55 et des quantités variables de solutions de nucléinate de Na et d'activateur (SO_4Mg). On titre par la soude 0,01N jusqu'à teinte voisine de celle d'un phosphate étalon de pH 7,55 et l'on complète à 3^{cm^3} avec de l'eau. La longueur d'onde réglée à 558 mμ, on note la densité optique de la cuve qui indique le pH de départ. On ajoute la DNase en solution à la micropipette et l'on mesure l'absorption de minute en minute. Avec moins de 1^{mg} d'acide nucléique par centimètre cube on peut suivre l'évolution complète de la réaction en restant dans une zone de pH comprise entre 7,55 et 7,35 où la chute des densités optiques est rigoureusement proportionnelle à l'acidité libérée.

Substrats. — Acide du thymus extrait par ClNa M (viscosité relative en solution à 0,1 % $\eta_r = 3$). Acide de laitance de poisson extrait par la soude diluée ($\eta_r = 1,05$). Acide du thymus préparé selon Mirsky ([5]) et conservé deux ans à 0° à l'état de nucléoprotéine et déprotéinisé au moment de l'emploi ($\eta_r = 1,70$).

Enzyme. — Préparé selon Mac Carty ([1]).

Résultats expérimentaux. — Tous les acides étudiés libèrent une fonction acide par quatre atomes de P. La comparaison des vitesses initiales de la réaction pour des quantités variables d'activateur, d'enzyme et de substrat montre l'importance :

a. des ions Mg. En l'absence de Mg l'acidité produite est nulle. La concentration optima en Mg varie avec la concentration du substrat. Elle passe de 0,012 M à 0,048 M quand la concentration d'acide nucléique passe de 0,16 à 2 mg/cm³.



b. De la concentration du substrat. En présence d'un excès de Mg, pour de faibles concentrations d'acide nucléique (moins de 1 mg/cm³), la réaction est sensiblement du premier ordre. La pente des droites obtenues en portant

---

([5]) *J. Gen. Physiol.*, 30, 1946, p. 117.

$\log C/C^0$ (C = concentration d'acide nucléique non dirigé au temps t) en fonction du temps diminue rapidement quand la concentration d'acide nucléique augmente (*fig.* 1). La constante de vitesse k par minute et par γ d'enzyme étant indépendante de la concentration d'enzyme utilisée entre 0,5 et 2,5 γ par centimètre cube. Pour une forte concentration d'acide nucléique la vitesse initiale de la réaction diminue rapidement avec la concentration du substrat. Cet effet de concentration n'est pas lié à la seule viscosité des solutions puisqu'il se manifeste même avec l'acide de laitance partiellement dépolymérisé très peu visqueux. Avec ce dernier, la libération d'acide est immédiate. Au contraire, avec l'acide très polymérisé, pour de faibles concentrations d'enzyme et de Mg un temps de latence précède la libération de l'acidité. Ce temps de latence est particulièrement marqué pour l'acide du thymus ayant subi un vieillissement. A la concentration de 2 mg/cm³, 0,003 M Mg et 5 γ DNase par centimètre cube à la température de 30°, l'acidité libérée est nulle durant 15 minutes, la chute de viscosité n'est pas aussi rapide que dans le cas général et le dégagement d'acide va en s'accélérant durant 120 minutes.

Conclusions. — Aux fortes concentrations de substrat la réaction devient très complexe. Aux faibles concentrations, le test chimique que nous avons utilisé donne des résultats analogues à ceux obtenus par Kunitz par dosage de substances acidosolubles. L'optimum en Mg est dix fois supérieur à celui indiqué par Mac Carty dans son étude sur les chutes de viscosité. D'une façon générale, la chute rapide de viscosité d'un acide très polymérisé n'est pas accompagnée d'un dégagement mesurable d'acidité.

MICROBIOLOGIE. — *Obtention de formes L à partir des vibrions cholériques. Propriétés pathogènes. Application à la protection des souris contre la maladie expérimentale.* Note (*) de M. **Raymond Minck**, transmise par M. Robert Courrier.

La notion que des bactéries de caractère banal, pathogènes ou saprophytes, peuvent exister sous des formes naines, submicroscopiques, probablement même inframicroscopiques, (formes L) représentant peut-être une phase particulière de la vie bactérienne, commence à devenir classique.

Dans le cadre des recherches poursuivies sur cette question depuis plusieurs années à l'Institut de Bactériologie de Strasbourg sous la direction du Professeur Tulasne, nous avons été amené à étudier les formes L des vibrions cholériques (souche Dot) tant en ce qui concerne leurs caractéristiques cytologiques et biologiques qu'en ce qui concerne leurs propriétés pathogènes.

Dans la présente Note nous insisterons plus particulièrement sur les différences observées entre l'action pathogène des formes L et des formes normales du vibrion cholérique et sur la possibilité de vacciner les animaux d'expérience par l'inoculation de formes L de ce germe.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

Les formes L des vibrions cholériques (souche Dot) dont l'existence, à notre connaissance, n'a pas encore été signalée, ont été obtenues par le procédé classique (1) qui consiste à ensemencer sur gélose molle-sérum (20 %) fortement pénicillinée (1000 U/cm^3) une émulsion des germes à étudier. Les microcolonies caractéristiques apparaissent en 6 à 8 jours. Ce sont des colonies de 2 à 500$^\mu$ de diamètre constituées par un centre opaque et une aréole claire et festonnée. Elles sont fortement encastrées par leur centre dans la gélose. Elles sont formées du mélange classique de formes submicroscopiques et de *corps globuleux*, *corps larges* de tailles variées. Certains de ceux-ci sont bourrés d'une multitude de granulations submicroscopiques animées de mouvements extrêmement vifs. L'aspect morphologique des colonies et leur composition ne laisse aucun doute sur la nature de la transformation subie par les vibrions cholériques sous l'effet de la pénicilline. Il s'agit bien de formes L de ces bactéries. Notons toutefois que nous n'avons pas réussi, jusqu'à présent, à maintenir ces formes L en culture indéfinie. Nous recherchons actuellement les facteurs indispensables à leur conservation.

Au point de vue pathogène, alors que la souche normale est très virulente pour la Souris qu'elle tue, par inoculation intrapéritonéale, en 6 à 8 heures, les formes L obtenues sur gélose pénicillinée, inoculées par la même voie, même à des concentrations élevées, ne donnent lieu à aucun trouble important chez les animaux. Tout au plus peut-on noter, chez quelques souris, une légère réaction générale tout à fait transitoire. Plus d'un mois après l'inoculation les animaux sont toujours en parfaite santé et ils n'ont pas présenté, en particulier, certains troubles articulaires tardifs qui ont été signalés après l'inoculation des formes L des *Streptobacillus Moliniformis*.

La transformation des formes normales du vibrion cholérique en formes L semble donc s'accompagner d'une diminution sensible de la virulence.

La perte de virulence des formes L du vibrion cholérique nous a amené à nous demander si ces formes particulières ne pourraient pas être utilisées pour la prévention active des animaux contre la maladie expérimentale. Une analyse grossière semble en effet indiquer que la composition antigénique des formes L est très voisine de celle des formes normales.

Nous avons à cet effet inoculé une dose mortelle de vibrions cholériques dans le péritoine de souris témoins, de souris qui avaient reçu des injections de formes L vivantes de vibrions cholériques soit dans le péritoine soit sous la peau, et, à titre comparatif, à des souris qui avaient reçu des injections sous-cutanées ou intrapéritonéales de vibrions cholériques chauffés à 60° pendant une heure.

Les résultats de nos expériences sont résumés dans le tableau suivant :

---

(1) *Voir*, en particulier, R. TULASNE, *Bull. Acad. de Méd.*, 133, 1949, p. 409.

TABLEAU.

Catégories d'animaux.	Inoculation intra-péritonéale de vibrions cholériques vivants. Nombre d'animaux.	Nombre de morts.	Rapport.	
Souris témoins	12	12	12/12	
Souris inoculées avec formes L, intra-péritonéale	7	1 (*)	1/7	3/12
Souris inoculées avec formes L, sous-cutané	5	2 (*)	2/5	
Souris inoculées avec vaccin chauffé intrapéritonéale	5	1 (*)	1/5	2/10
Souris inoculées avec vaccin chauffé, sous-cutané	5	1 (*)	1/5	

(*) Il faut noter que la mort de tous les animaux témoins survient de 6 à 8 heures après l'inoculation du matériel virulent, alors que la mort des animaux ayant reçu soit les formes L soit les vibrions chauffés est plus tardive (24 à 72 heures).

De l'étude de ce tableau il ressort que l'immunité conférée par l'inoculation des formes L vivantes du vibron cholérique, en particulier par voie intra-péritonéale, est appréciable. Elle est, dans les conditions de l'expérience, à peu près comparable à celle qui est conférée par le vaccin anticholérique classique. Il paraît logique d'admettre qu'une mise au point soigneuse des conditions de vaccination nous conduise à une immunité totale chez les animaux d'expérience. Nous continuons nos recherches dans ce sens.

RADIOLOGIE MÉDICALE. — *Nouvelle méthode de radiographie pulmonaire par contrôle ciné-densigraphique. Presso-radiographie.* Note (*) de M. **Maurice Marchal**, présentée par M. René Leriche.

Sur une radiographie des poumons, le recoupement des ombres des petits vaisseaux, ou leur vue en enfilade, peut simuler, à s'y méprendre, de petits nodules pathologiques, surtout en cas de stase.

Une méthode récente, l'angio-pneumographie, peut faire la différenciation. Mais son utilisation est dangereuse, dans les infiltrations tuberculeuses évolutives. A la suite de nos recherches sur l'enregistrement du pouls du poumon par une cellule photoélectrique ([1]), et de notre procédé de mesure de la tension artérielle de l'artère pulmonaire par la ciné-densigraphie ([2]), nous avons remarqué que le pouls du poumon diminue d'amplitude pendant l'épreuve de Valsalva. Si celle-ci est assez poussée, le pouls du poumon disparaît (les artérioles ne battent plus, elles ont atteint à ce moment leur plus

(*) Séance du 10 juillet 1950.

([1]) M. Marchal, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 973.

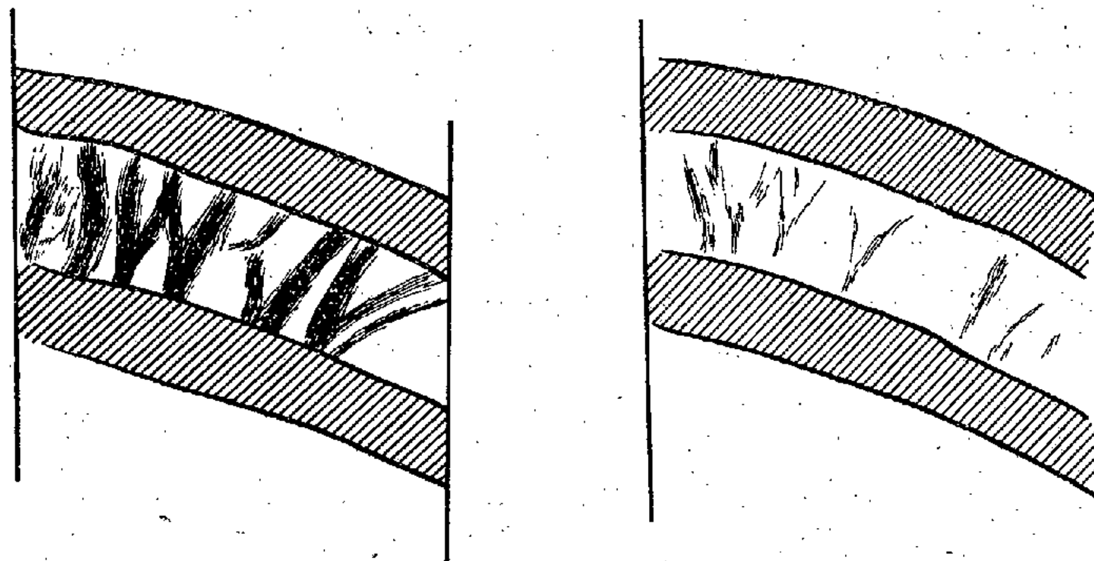
([2]) M. Marchal, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 394.

petit diamètre). Si, à ce moment précis de disparition du pouls pulmonaire, nous faisons une téléradiographie, nous obtenons un cliché sur lequel tout ce qui est vasculaire a diminué de volume, et tout ce qui est parenchymateux nodulaire reste inchangé.

Technique. — Le malade est placé derrière l'écran radioscopique. On met sa bouche en communication avec un tube de caoutchouc, relié à un manomètre gradué en centimètres d'eau. On lui demande de faire d'abord une grande inspiration à l'air libre, puis, de souffler fortement dans le tube. La pression du manomètre monte et indique la pression de l'air intrapulmonaire. Une cellule photoélectrique, reliée à un oscillographe cathodique, est placée devant le parenchyme pulmonaire. Les rayons *X* sont enclenchés.

Pendant l'effort expiratoire, le pouls du poumon diminue d'amplitude. Si le malade augmente encore son effort expiratoire, il arrive un moment *où les pulsations du parenchyme visibles sur l'écran de l'oscillographe s'arrêtent. A ce moment précis, nous prenons la téléradiographie instantanée.* Puis, nous comparons avec un cliché standard, et nous distinguons aisément les ombres radiologiques du poumon qui ont diminué de volume (vaisseaux), des ombres inchangées (parenchyme non vasculaire).

Avantages. — Cette méthode peut s'appliquer aux processus en pleine évolution aiguë. D'autre part, les vaisseaux étant immobiles (contrôle photoélectrique), le parenchyme est lui aussi immobile, et la précision radiologique est dans ce cas supérieure aux grands instantanés.



Radiographie standard. Presso-radiographie. Pression 60cm d'eau à l'extinction du pouls du poumon.

Calque de deux téléradiographies de la même personne Mlle M. L. 23 ans; la première en inspiration standard; la 2e, *au moment de l'extinction du pouls du poumon.* Les artères hilaires, très larges dans le premier cas, sont presque invisibles sur le cliché de l'extinction du pouls. L'extinction est variable selon les sujets, d'où la nécessité du contrôle photoélectrique radioscopique.

Application à la tomographie. — Comme la tomographie avec l'appareillage actuel nécessite des temps de pose de l'ordre de la seconde, le parenchyme est flou en raison de la pulsation des vaisseaux pulmonaires. Si, nous supprimons le pouls, facteur de flou, la netteté est accrue, même pour des poses tomographiques dépassant la seconde.

Applications à la cardiologie. — On sait depuis longtemps déjà que le cœur diminue de volume pendant l'épreuve de Valsalva. Nous utilisons, depuis 1930, à l'Hôpital Tenon, cette propriété pour la différenciation des tumeurs du médiastin. Avec le contrôle ciné-densigraphique ces possibilités sont plus grandes, puisque nous pouvons radiographier le cœur au moment de son volume minimum, atteint au moment de l'extinction du pouls du poumon.

Sensibilisation de la méthode. — Au lieu de *diminuer* les pulsations du parenchyme, nous pouvons *augmenter leur amplitude* par l'épreuve de Muller. Dans ce cas, après expiration préalable, le malade fait un effort d'inspiration dans le manomètre et sous contrôle photoélectrique. Au moment précis de *la plus grande* pulsatilité lue sur l'écran de l'oscillographe, nous prenons un cliché. Nous obtenons ainsi des ombres vasculaires dilatées par rapport au cliché standard, et des ombres parenchymateuses inchangées. En comparant ce cliché avec le précédent en Valsalva, nous avons la plus grande différence possible entre le volume des formations vasculaires.

Distinction entre les artères et les veines pulmonaires. — Dans de nombreux cas, l'artère diminuant de volume, le volume de la veine reste stationnaire. Pour cette différenciation artère-veine on peut aussi combiner l'injection d'une faible quantité de Diiodone avec le Valsalva.

Combinaison avec l'angiopneumographie. — En utilisant notre méthode, l'on peut se limiter à une faible quantité de produits de contraste et ceci *en raison de l'arrêt circulatoire temporaire au niveau des artérioles terminales, dès qu'il y a extinction du pouls du poumon.*

Diagnostic des lésions pulmonaires. — Si certaines images restent inchangées, en particulier les images nodulaires, d'autres lésions varient du fait de la pression et de l'extinction du pouls. Ainsi seront diagnostiqués les kystes aériques, les cavernes fraîches et anciennes, les images de stase et de flou pulmonaire ou hilaire et les angiomes pulmonaires.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Groupe cardio-pulmonaire artificiel destiné à la perfusion aseptique au sang du corps humain.* Note de MM. **André Thomas** et **Paul Beaudouin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Poursuivant nos recherches (1), nous avons essayé de mettre au point, dans les deux dernières années, un dispositif aussi ajusté que possible aux normes de l'organisme humain. Jusqu'ici, l'hématose est obtenue soit par étalement du sang sur une grande surface (J. H. Gibbon, C. Crafoord et O. Björk, J. Jongbloed ou W. J. Kolff, etc.), soit par barbotage libre (Broudenkho, E. Tosatti, etc.). De plus, il est nécessaire de respecter les conditions essentielles de l'hémodynamique, ce que négligent souvent les expérimentateurs.

Nos directives ont été les suivantes : produire, au débit de l'aorte humaine, une oxygénation normale, réduire autant que faire se peut la dénaturation

(1) J. André Thomas, *Bull. Histo. appliq.*, 26, 1949, p. 181-188, (*Bibl.*).

du sang et l'hémolyse traumatique, travailler à des pressions artérielles maximum et minimum réglables indépendamment, mais *constantes*, quelles que soient les variations de débit, ce qui est opératoirement indispensable et ne paraît pas encore avoir été atteint, provoquer à des rythmes divers une onde pulsatile physiologique, disposer d'une dépression veineuse réglable, d'une autorégulation artérielle et veineuse, pouvoir stériliser le dispositif en un seul bloc, par la chaleur sèche. Notre perfuseur semble satisfaire à de telles exigences : de volume relativement réduit, pourvu d'un thermostat, il comprend, d'une part, un groupe physiologique robuste, amovible, actuellement en nickel et pyrex enduits de silicone, et en *silastic*, et d'autre part, un groupe mécanique de propulsion, avec indicateurs et commandes (pressions, dépression, débit, oxygénation, rythme).

Pour l'hématose, nous utilisons le principe du barbotage, *mais dans tout le conduit veineux lui-même*, quelque peu allongé et enroulé en spirale; c'est dans celui-ci, près de son origine, que le carbogène vient se dégager de

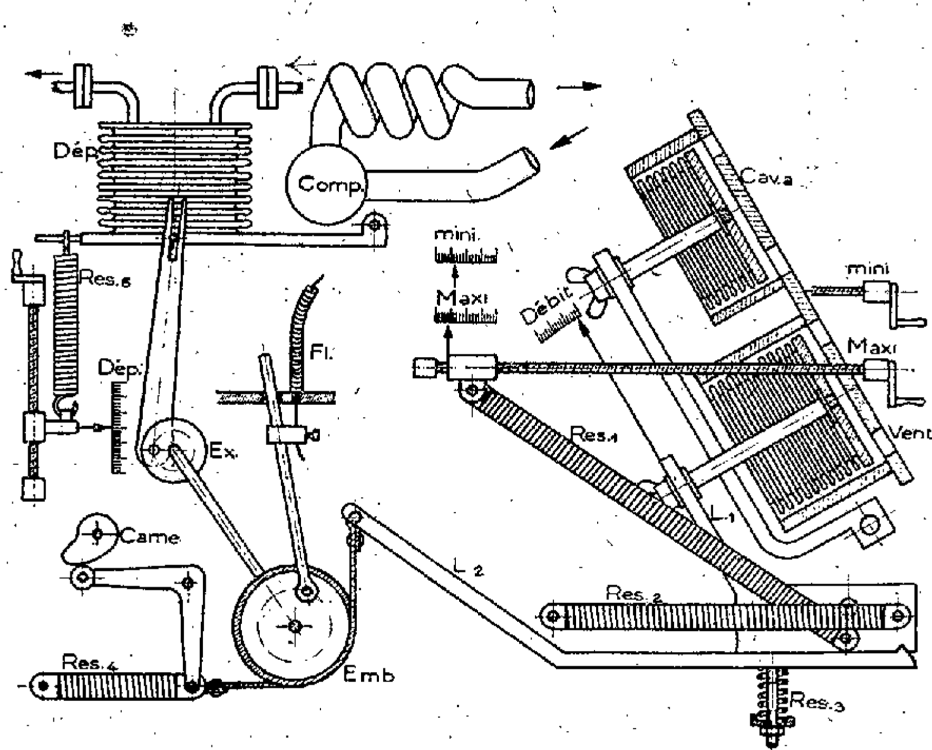


Fig. 2.

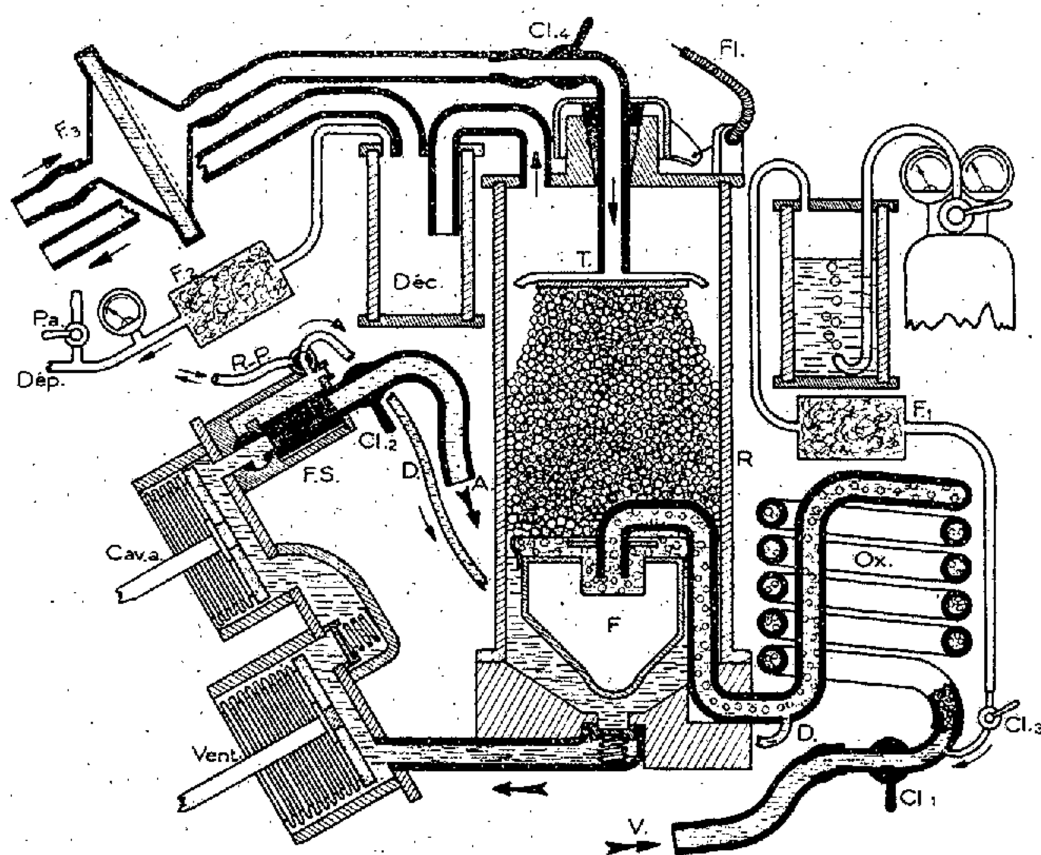


Fig. 1.

Fig. 1. — *Groupe physiologique*. V, veine; *Ox*, tuyaux à oxygénation; R, réservoir; T, tuyères de démoussage; Fl, flexible; Déc, décanteur; Dép, dépression; P. a., prise d'air; F, flotteur; Vent, ventricule; Cav. a., cavité artérielle additionnelle; F. S., filtre à sang; D, dérivation; R-P, remplissage-prélèvement; A, artère; Cl_1, Cl_2, Cl_3, Cl_4, clamps veineux, artériel à carbogène de soufflerie; F_1, F_2, F_3, filtres sur carbogène, sur dépression, sur soufflerie.

Fig. 2. — *Groupe mécanique*. Emb, embrayage; Ex, excentrique; Dép, dépresseur; Comp, compresseur; Fl, flexible; L_1, L_2, levier ventriculaire, de remplissage; Res_1, Res_2, Res_3, Res_4, Res_5, ressort d'évacuation, de compression, de limitation d'effort, d'appel de courroie, de dépression.

façon convenable : le long brassage du sang par le gaz est excellent. Le sang hématosé est aspiré dans un réservoir (*fig.* 1), où règne une dépression réglable et qui fait office de cœur droit. La mousse de sang et carbogène, résultant du barbotage, s'élève dans le réservoir : nous la détruisons de la façon la moins

traumatisante qui soit, par démoussage pneumatique. En effet, un circuit fermé de carbogène, alimenté par un compresseur, crève les bulles les unes sur les autres, sans modifier le degré de vide dans l'enceinte.

Le sang rutilant, dépourvu de bulles se collecte en bas du réservoir; il agit sur un flotteur qui, suivant le niveau, colmate l'orifice veineux ou la valve artérielle : ce flotteur fonctionne comme autorégulateur à double effet. Le sang artériel est lancé par le ventricule, selon le rythme physiologique lui-même, d'abord dans une cavité artérielle additionnelle qui définit et règle la pression au minimum, puis dans l'artère de distribution. A l'origine de celle-ci, le sang passe ou non, à volonté, par un filtre en nylon, à surface renouvelable en cours de marche. Une dérivation artério-veineuse permet la purge préalable des bulles d'air. Un ajutage pour le remplissage de l'appareil sert aussi, à tout moment, au prélèvement aseptique du sang du circuit.

Le groupe mécanique de propulsion et de commande (*fig.* 2) est conçu de telle sorte que, par un système de came, d'embrayage, de leviers et de ressorts de compensation et de limitation d'efforts, il détermine l'onde pulsatile physiologique, à pressions maximum et minimum constantes, même si l'artère et la veine sont clampées. Les quelques manœuvres nécessaires sont simples.

Ce perfuseur a un débit de plus de 5^l à la minute; la fixation d'oxygène en un seul circuit, mesurée à l'appareil manométrique de van Slyke est assez voisine du chiffre de saturation de l'échantillon de sang témoin; la quantité totale de sang nécessaire au fonctionnement est d'environ $1\,300^{cm^3}$ et sera très vraisemblablement abaissée.

Nous espérons que notre groupe cardio-pulmonaire pourra servir à l'expérimentation et à la thérapeutique médico-chirurgicale.

La séance est levée à $15^h 30^m$.

L. B.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 17 juillet 1950.)

La Note de MM. *Israël Épelboin*, *André Marais* et *Daniel Dautreppe*, Méthodes d'études et interprétation des hétérogénéités de substances ferromagnétiques dans le domaine de Rayleigh, a été présentée le 3 juillet 1950.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 AOUT 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** informe l'Académie qu'à l'occasion de la fête de l'Assomption, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 août au lieu du lundi 14.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Benjamin Amira**, Professeur à l'Université de Jérusalem, qui assiste à la séance.

M. **Maurice Caullery** rend compte à l'Académie du Congrès International d'Anatomie, tenu à Oxford du 24 au 28 juillet 1950 et auquel elle l'avait délégué.

Ce Congrès, qui a réuni plus de 500 participants a été des plus intéressants, dans le beau cadre des établissements universitaires d'Oxford. Les nombreuses communications faites étaient groupées dans des sections d'*Anatomie générale*, *d'Histologie*, *d'Embryologie et Morphogenèse*, de *Neurologie*, d'*Endocrinologie* et d'*Anthropologie physique*. Je signalerai en particulier, pour cette dernière section, celles relatives aux découvertes récentes faites en Afrique (Kenya et Afrique australe) sur les Primates Anthropoïdes. Une très belle exposition de préparations histologiques et embryogéniques ainsi que des projections cinématographiques illustraient les communications. Les Congressistes ont été reçus avec la plus gracieuse hospitalité.

PHYSIOLOGIE. — *L'effet de l'âge sur le tonus de repos du muscle strié chez l'Homme*. Note (*) de MM. **Léon Binet**, **François Bourlière** et **Émile Florentin**.

Aucune étude systématique des variations avec l'âge du tonus de repos du muscle strié ne paraît avoir été tentée jusqu'ici. Grâce à l'appareil récemment

---

(*) Séance du 31 juillet 1950.

mis au point par A. Fleisch [1], et qu'il a bien voulu mettre à notre disposition, il nous a été possible d'entreprendre cette étude systématique chez une longue série de sujets sains des deux sexes, âgés de 18 à 94 ans.

Technique. — L'appareil de Fleisch permet la mesure directe du tonus de repos des muscles du bras. Quarante déterminations ont été faites sur le bras droit et le bras gauche de chaque sujet et nous avons en même temps mesuré le périmètre maximum des muscles du bras d'un côté et de l'autre.

216 sujets ont été étudiés, 143 du sexe féminin et 73 du sexe masculin. L'échantillonnage a été systématique et l'on s'est efforcé d'obtenir des effectifs sensiblement égaux pour chaque classe d'âge.

Les sujets ayant servi à notre étude sont tous des sujets cliniquement sains, vaquant à leur travail habituel pour les plus jeunes, ou vivant de façon normale à l'Institution Sainte-Périne ou à la Fondation Rossini, pour les plus âgés.

Résultats. — Le tableau ci-joint, résume les résultats obtenus pour les femmes : il donne pour chaque classe d'âge les valeurs moyennes du tonus, les valeurs moyennes de la section maximum du bras et leur intervalle de sécurité pour un coefficient de sécurité de 0,95. Les valeurs du tonus correspondent à 100 fois le logarithme des valeurs vraies en grammes, et la section maximum du bras a été calculée à partir de son périmètre.

La simple lecture de ce tableau montre que la valeur du tonus musculaire se maintient à un niveau sensiblement égal pendant la maturité, mais que passé la soixantaine, on assiste à une baisse régulière; il en est de même chez les hommes, mais il existe une différence statistique significative entre les valeurs mesurées pour les deux sexes, le tonus étant plus élevé pour le sexe masculin.

TABLEAU I.

Classes d'âge.	15-24.	25-34.	35-44.	45-54.	55-64.	65-74.	75-84.	85-94.
Tonus (100 log *g*)....	119,66	124,54	124,76	124,26	123	114,17	110,71	104,47
Intervalle de sécurité.	2,52	2,50	2,09	3,37	5,56	2,98	3,02	3,93
Section (cm²).......	165	168,86	173,81	176,07	179	167,89	162,86	154,74
Intervalle de sécurité.	3,27	4,57	4,07	5,07	11,12	4,91	3,67	5,35
Nombre de sujets....	15	22	21	14	5	19	28	19

L'étude des corrélations totales nous a montré qu'il existait une corrélation négative entre l'âge et le tonus ($r = -0,66$ chez les femmes et $r = -0,59$ chez les hommes), et une corrélation positive entre le tonus et la section du bras ($r = 0,56$ chez les femmes et $r = 0,44$ chez les hommes); enfin, il existe une corrélation négative entre l'âge et la section du bras ($r = -0,38$ pour les deux sexes).

(1) A. FLEISCH et E. GRANDJEAN, *Helvetica physiologica et pharmacologica acta*, 6, 1948, p. 474-483.

L'analyse des corrélations partielles entre le tonus, l'âge et la section du bras conduit à reconnaître que deux facteurs au moins sont responsables de l'hypotonie sénile : l'involution anatomique du muscle qui intervient pour une part modérée se traduisant par un coefficient de corrélation partielle de $r = 0,44$ pour les femmes et $r = 0,30$ pour les hommes, et une modification qualitative du fonctionnement tonique plus importante et indépendante de la diminution de volume du muscle, qui est exprimée par un coefficient de corrélation partielle négatif ($r = -0,58$ chez les femmes et $r = -0,52$ chez les hommes).

Conclusion. — De l'étude du tonus de repos des muscles du bras effectuée sur 216 sujets des deux sexes, il paraît ressortir : 1° qu'il existe une hypotonie physiologique et progressive du sujet sain à partir de la soixantaine; 2° que cette hypotonie est due au moins à deux facteurs, l'involution anatomique du muscle et une modification qualitative du fonctionnement tonique du tissu musculaire strié.

M. **Georges Darrieus** adresse un Ouvrage de M. Amédée Fayol intitulé : *Le Savant et Inventeur Joseph Bethenod* (1883-1944), dont il a écrit la *Préface*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pierre Dive. *La dérive des continents et les mouvements intra-telluriques*. Préface de Émile Picard. Deuxième édition revue et augmentée, avec un appendice de M. Georges Denizot.

2° Jean Lagrula. *La prospection gravimétrique de l'Afrique du Nord*.

3° *Faune de l'Équateur africain français*, par René Malbrant et Alain Maclatchy. Tome I. *Oiseaux*. Préface de M. Jacques Berlioz. Tome II. *Mammifères*. Préface de M. Achille Urbain. (Présenté par M. Roger Heim).

4° *Élaboration d'un programme de recherches. Le problème des engins spéciaux*, par Gabriel Viguier, in *Travail et méthodes*.

5° *A description of the International Council of scientific Unions*.

6° The scientific Council of Japan. *Japanese Journal of Astronomy*. Vol. I, n° 1.

7° Tokyo astronomical Observatory. *Bulletin of Solar Phenomena*. Vol. I, n° 1.

8° Université de Paris. *Les Conférences du Palais de la Découverte*, 1947, 1949, 1950.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des fonctions dans un corps valué* (I). Note de M. CLAUDE CHABAUTY, présentée par M. Paul Montel.

Par *corps valué* nous entendons un corps *commutatif* K muni d'une application $x \to |x|$ de K dans l'ensemble des nombres réels $\geqq 0$, telle que : 1° $|a+b| \leqq |a|+|b|$, 2° $|ab| = |a|.|b|$, 3° $|x| = 0$ équivaut à $x = 0$, 4° il existe $x \in$ K tel que $|x| \neq 0$ et $\neq 1$. Nous noterons V l'ensemble des valeurs de $|x|$, x parcourant K. Dans la suite r représente un nombre de V.

Posons (les x ayant n^2 valeurs dans un cas, n valeurs dans l'autre)

$$\delta(n) = \operatorname{Sup.}_{|x| \leq 1} |\operatorname{dét}(x_{ij})|, \qquad \omega(n) = \operatorname{Lim}_{\varepsilon \to 0} \left(\operatorname{Sup.}_{1-\varepsilon \leq |x| \leq 1} (\Pi |x_h - x_k|)\right),$$

et disons qu'un corps est *formellement complexe* s'il est valué complet avec $\delta(n) = \omega(n)$ pour une infinité de valeurs de n.

Soit f une application partielle de K dans K, nous posons

$$\mathrm{M}(f, r) = \operatorname{Lim}_{\varepsilon \to 0} \left(\operatorname{Sup.}_{1-\varepsilon \leq |x| \leq 1} (|f(x)|) \right).$$

Alors, en résolvant par rapport aux a_h les équations $\Sigma a_h x_i^h = q(x_i)$, $i = 0, 1 \ldots,$ $n(n = d^\circ(q))$ pour des x_i convenables, on a le :

LEMME. — *Soient* K *un corps formellement complexe et* $q(x) = \Sigma a_h x^h$ *un polynome à coefficient dans* K *tel que* $\mathrm{M}(q, 1) = 1$, *pour tout* h on a $|a_h| \leqq 1$.

On en déduit en appliquant le lemme aux polynomes sections :

THÉORÈME I. — *a. Soient* K *un corps formellement complexe et* $f(x) = \Sigma a_h x^h$ *une série de Taylor à coefficients dans* K *ayant un rayon de convergence* $c > 0$; *on a*

$$|a_h| \leqq \mathrm{M}(f, r) r^{-h}, \qquad h = 0, 1, 2, \ldots, \qquad r < c.$$

b. Soient $f_n(x) = \Sigma a_{nh} x^h$ *des séries de Taylor à coefficients dans* K *dont les rayons de convergence sont* $> r$. *Si la suite* $f_n(x)$ *converge uniformément vers une fonction* $f(x)$ *dans* $|x| \leqq r$, $f(x)$ *est développable en série de Taylor convergeant dans* $|x| < r$.

On peut, dans les inégalités de Cauchy, prendre $\mathrm{M}(r, f) = \operatorname{Sup.}_{|x|=r} |f(x)|$, si l'on sait que K (archimédien ou non) contient n zéros de $x^n - 1$ pour une infinité de valeurs de l'entier $n > 0$ avec $|n| \geqq 1$, ou que K (non archimédien) a un corps de restes infini.

Soit K un corps valué complet, ou il est archimédien et alors isormorphe au corps des réels R ou des complexes $\mathrm{C} = \mathrm{R}(i)$, et $|x| = \|x\|^\theta$, $0 < \theta \leqq 1$, $\|x\|$ étant la valeur absolue ordinaire (théorème d'Ostrowski), ou il est non archimédien, et alors $|a+b| \leqq \operatorname{Max.}(|a|, |b|)$, en outre on sait que, pour que K

soit localement compact, il faut et il suffit que V soit discret et le corps des restes de K fini. On en déduit :

THÉORÈME II. — *Les corps formellement complexes sont les corps des nombres complexes et les corps non archimédiens non localement compacts complets.*

Le théorème I donne donc une démonstration nouvelle de résultats de la théorie des fonctions analytiques classiques, et des résultats analogues de Schnirelmann ([1]) et Krasner ([2]) pour les corps non archimédiens.

Appelons *formellement réel* tout corps valué complet où les fonctions continues sur $|x| \leqq 1$ sont sur cet ensemble limites uniformes de polynomes. Le corps des nombres réels est formellement réel (théorème de Weierstrass). D'autre part Dieudonné ([3]) a montré que le corps des nombres p-adiques est formellement réel et il est aisé d'étendre sa démonstration à tous les corps valués non archimédiens localement compacts. On a donc :

THÉORÈME III. — *Tout corps valué complet est ou bien formellement réel, ou bien formellement complexe,*

ou encore :

THÉORÈME IV. — *Pour un corps valué complet* K, *ou bien la suite* $1, x, x^2, \ldots, x^n, \ldots$ *est totale dans l'espace vectoriel des applications continues de* $|x| \leqq 1$ *dans* K *pour la structure uniforme de la convergence uniforme sur toute boule* $|x| \leqq r < 1$, *ou bien la variété linéaire fermée qu'elle engendre est formée par les fonctions développables en série de Taylor dans* $|x| < 1$.

On peut aisément étendre par récurrence lemme 1 et théorème I aux polynomes et séries de Taylor de plusieurs variables, les ensembles étant des polycylindres $|x_i| \leqq r_i$ et les majorations étant prises sur (ou *au voisinage* de) l'ensemble $|x_i| = r_i$, $i = 1, \ldots, n$. On étudie de façon analogue les polynomes en x et x^{-1} et les séries de Laurent. On peut aussi étudier ces problèmes, directement à partir du lemme 1, pour les séries à coefficients dans un *espace de Banach* sur K, la variable étant prise dans K, ou à coefficients et variable dans une *algèbre normée* complète, commutative ou non, sur un corps formellement complexe K. Pour $K = C$ on retrouve des résultats de Gelfand ([4]). Les questions de prolongements analytiques et leurs applications seront considérées dans une Note ultérieure.

([1]) *C. R. Acad. Sci. U. R. S. S.*, Sér. Math., **5**, 1938, p. 487-498.

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 37-40, 165-167, 363-365.

([3]) *Bull. Sci. Math.*, Série 2, **58**, 1944, p. 79-95.

([4]) *Math. Sb.*, **9**, 1941, p. 124.

ÉQUATIONS DIFFÉRENTIELLES. — *Résolution de problèmes aux limites non homogènes au moyen de transformations fonctionnelles.* Note (*) de M. **Paul Burgat**, présentée par M. Gaston Julia.

1. On a utilisé, pour résoudre certains problèmes aux limites, la transformation finie de Fourier ([1]) ou les séries de Fourier ([2]).

Je donne ici une partie des résultats d'un travail consacré à la recherche d'une transformation appropriée à la résolution du problème suivant ([3]) :

$$(1)\qquad Ly + ry = f(x),$$

$$(2)\qquad L_i(y) = \alpha^{(i)} \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

où $f(x)$ est une fonction généralement continue sur (a, b); r et les $\alpha^{(i)}$ sont des constantes réelles.

On obtient, à partir de la relation de Green dont on transforme le second membre,

$$(3)\qquad (y, L^*v + rv) = (f, v) - \sum_{i=1}^{n} \alpha^{(i)} \mathcal{V}_i(v) - \sum_{j=n+1}^{2n} \mathcal{Y}_j(y)\, \mathcal{V}_j(v),$$

les $\mathcal{Y}_k$ étant les composantes du vecteur $\vec{\mathcal{Y}} = M\vec{Y}$ et $\vec{Y}$ le vecteur $[y(a), \ldots, y^{(n-1)}(a), y(b), \ldots, y^{(n-1)}(b)]$.

Je définirai la fonction v par le problème

$$(4)\qquad L^*v + \lambda v = 0,$$

$$(5)\qquad \mathcal{V}_j(v) = 0 \qquad (j = n+1, \ldots, 2n)$$

que j'appellerai problème associé du problème $[(1) + (2)]$.

Supposons que ce problème admette une infinité dénombrable de valeurs propres, $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ et désignons par $v_1, v_2, \ldots$ les fonctions propres correspondantes. La formule (3) donne alors la transformée de la solution y (si elle existe) du problème $[(1) + (2)]$ par l'opérateur intégral de noyau v_k ou les coefficients a_k du développement (convergent ou non) de y selon les fonctions propres du problème adjoint de $[(4) + (5)]$.

Dans les applications du paragraphe suivant, ce développement existe et les théorèmes d'équiconvergence permettent d'affirmer qu'il représente y dans ou sur (a, b).

2. Considérons l'équation

$$Ly + ry = L^*y + ry = [p(x)y']' + q(x)y + ry = f(x)$$

(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) G. Doetsch, *Math. Ann.*, **112**, p. 52-68; H. Kniess, *Math. Zeit.*, **44**, p. 266-292.

([2]) Ch. Blanc, *Les équations différentielles de la technique*, Neuchâtel, 1947.

([3]) Les notations sont celles d'une Note précédente (*Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 321).

et les conditions aux limites

$$L_1(y) = \alpha_1 y(a) + \alpha_2 y'(a) + \alpha_3 y(b) + \alpha_4 y'(b) = \alpha,$$
$$L_2(y) = \beta_1 y(a) + \beta_2 y'(a) + \beta_3 y(b) + \beta_4 y'(b) = \beta.$$

[$p(x)$ et $q(x)$ doivent vérifier les conditions des théorèmes d'équiconvergence].

a. Si

$$\alpha_3 = \alpha_4 = \beta_1 = \beta_2 = 0, \qquad (\alpha_1^2 + \alpha_2^2)(\beta_3^2 + \beta_4^2) \neq 0$$

et que l'on pose

$$a_k N_k = (y, v_k), \qquad A_k N_k = (f, v_k), \qquad N_k = (v_k, v_k),$$

on a

$$a_k = \frac{1}{\lambda_k - r}\left\{\frac{1}{N_k}\left[\alpha p(a)\left(-\frac{\alpha_2}{\alpha_1^2+\alpha_2^2} v_k(a) + \frac{\alpha_1}{\alpha_1^2+\alpha_2^2} v'_k(a)\right) + \beta p(b)\left(\frac{\beta_4}{\beta_3^2+\beta_4^2} v_k(b) - \frac{\beta_3}{\beta_3^2+\beta_4^2} v'_k(b)\right)\right] - A_k\right\}.$$

Soient $g(x, \lambda)$ et $h(x, \lambda)$ deux solutions linéairement indépendantes de l'équation $Lv + \lambda v = 0$ et telles que $g'(a, \lambda) = 0$, $h(a, \lambda) = 0$. On peut mettre la formule précédente sous la forme

$$a_k = \frac{1}{\lambda_k - r}\left\{\frac{c(\lambda_k)\, d(\lambda_k) p(a)}{N_k}[\alpha - \rho_k \beta] - A_k\right\}$$

où

$$c(\lambda) = g(a, \lambda), \qquad d(\lambda) = h'(a, \lambda);$$
$$\rho_k = \frac{\alpha_1 c(\lambda_k)}{\beta_3 g(b, \lambda_k) + \beta_4 g'(b, \lambda_k)} = \frac{\alpha_2 d(\lambda_k)}{\beta_3 h(b, \lambda_k) + \beta_4 h'(b, \lambda_k)}.$$

Les fonctions propres sont

$$v_k(x) = \alpha_1 c(\lambda_k)\, h(x, \lambda_k) - \alpha_2 d(\lambda_k)\, g(x, \lambda_k).$$

Cas particuliers. — Les équations $y'' + ry = f(x)$ et $[x^2 y']' + ry = f(x)$.

b. Si

$$\Delta_{12} \neq 0 \qquad \text{et} \qquad p(b)\Delta_{12} = p(a)\Delta_{34} \qquad \left(\Delta_{ij} = \begin{vmatrix} \alpha_i & \alpha_j \\ \beta_i & \beta_j \end{vmatrix}\right),$$

le problème associé est

$$Lv + \lambda v = 0,$$
$$\Delta_{13} p(a) v(a) + \Delta_{23} p(a) v'(a) - \Delta_{12} p(b) v'(b) = 0,$$
$$\Delta_{14} p(a) v(a) + \Delta_{24} p(a) v'(a) + \Delta_{12} p(b) v(b) = 0.$$

Ce problème n'admet pas de valeurs propres négatives si

$$\Delta_{13}\Delta_{14} > 0, \qquad \Delta_{13}\Delta_{24} \leqq 0 \qquad \text{et} \qquad q(x) \leqq 0$$

ou si

$$\Delta_{13} = 0, \qquad \Delta_{23}\Delta_{24} \geqq 0 \qquad \text{et} \qquad q(x) \leqq 0.$$

Les coefficients a_k sont donnés par la formule

$$a_k = \frac{1}{\lambda_k - r}\left\{\frac{p(a)}{\Delta_{12}N_k}[(\alpha\beta_1 - \beta\alpha_1)\,v_k(a) + (\alpha\beta_2 - \beta\alpha_2)\,v'_k(a)] - A_k\right\}.$$

La résolution des problèmes dans lesquels l'équation est à coefficients constants constitue une application importante de la méthode.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur quelques propriétés des groupes d'automorphismes d'un groupe abstrait.* (*Généralisation d'un théorème de M. Ph. Hall*) (¹). Note de M. **Léo Kaloujnine**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Donnons une autre démonstratian du Théorème II de ma Note précédente (¹) en démontrant la propriété plus précise exprimée dans le

THÉORÈME II'. — *Soit* $G = G_0 \supseteq G_1 \supseteq G_2 \supseteq \ldots \supseteq G_s \supseteq G_{s+1} = 1$ *une suite de sous-groupes invariants d'un groupe* G *et soit* $\mathfrak{A}$ *un groupe d'automorphismes* σ *de* G, *tels que, pour tout* $i = 0, 1, 2, \ldots, s$, G_i/G_{i+1} *soit invariant pour* σ. $\mathfrak{A}$ *est un groupe nilpotent de la classe* s.

En effet, la propriété étant banale pour $s = 0$, supposons-la démontrée pour des suites de sous-groupes de longueur $< s$. Désignons par $\mathfrak{Q}$ (resp. $\mathfrak{R}$) le sous-groupe de $\mathfrak{A}$ laissant invariant G_1 (resp. G_0/G_s). $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}$ (resp. $\mathfrak{A}/\mathfrak{R}$) s'identifie avec le groupe d'automorphismes de G_1 (resp. de G_0/G_s) induits par les automorphismes de $\mathfrak{A}$. $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}$ laisse invariants les quotients G_i/G_{i+1} pour $i = 1, 2, \ldots, s$ et $\mathfrak{A}/\mathfrak{R}$ conserve ceux pour lesquels $i = 0, 1, 2, \ldots, s-1$. En vertu de l'hypothèse de l'induction $\mathfrak{A}/\mathfrak{Q}$ et $\mathfrak{A}/\mathfrak{R}$ sont nilpotents de la classe $s-1$. Par suite, le $(s-1)^{\text{ième}}$ commutateur de $\mathfrak{A}$, que l'on désignera par $C^{s-1}(\mathfrak{A})$, est contenu dans $\mathfrak{Q} \cap \mathfrak{R}$ et laisse invariants G_1 et $\mathfrak{A}/G_s$. On a, donc

$$Z(G;\mathfrak{A}) \supseteq G_s \supseteq CG;[C^{s-1}(\mathfrak{A})]$$

et

$$Z[G;C^{s-1}(\mathfrak{A})] \supseteq G_1 \supseteq C(G;\mathfrak{A})$$

et, en vertu de la proposition A, $C^{s-1}(\mathfrak{A})$ est permutable avec $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}$ est nilpotent de la classe s, ce qui démontre le théorème.

Pour tous les j, t, $j + t \leq s + 1$, les automorphismes $\in \mathfrak{A}$ induisent des automorphismes de G_j/G_{j+t} qui laissent invariants les quotients G_i/G_{i+1} $(i = j, j+1, \ldots, j+t-1)$. Désignons par $\mathfrak{A}^{j,t}$ le groupe de ces automorphismes de G_j/G_{j+t} induits par les automorphismes $\in \mathfrak{A}$. $\mathfrak{A}^{j,t}$ s'identifie avec $\mathfrak{A}/\mathfrak{R}^{j,t}$, où $\mathfrak{R}^{j,t}$ est le sous-groupe (invariant) de $\mathfrak{A}$ dont les éléments induisent l'automorphisme identique de G_j/G_{j+t}. Comme on vient de le voir, $\mathfrak{A}^{j,t}$ est nilpotent de la classe $t-1$ et, par conséquent, $\mathfrak{R}^{j,t} \supseteq C^{t-1}(\mathfrak{A})$. D'où

(¹) *Voir* ma Note *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2067-2069 dont j'utilise les notions, les notations et les résultats.

Corollaire : *Pour tous* j, t $(j+t \leq s+1)$ *le* $(t-1)$*-ième commutateur* $C^{t-1}(\mathfrak{A})$ *de* $\mathfrak{A}$ *laisse invariant le quotient* G_j/G_{j+t}.

G étant un groupe et H étant un sous-groupe de G on notera $\widehat{H}$ le groupe d'automorphismes $\widehat{a} = \{x \rightarrow axa^{-1}\}$ $(X \in G, a \in H)$ de G. Cela étant le corollaire ci-dessus est une généralisation d'un célèbre théorème de M. Ph. Hall [2] :

Théorème de Hall. — *Soit* G *un groupe nilpotent, soit*

$$G = K_0 \supseteq K \supseteq K_2 \supseteq \ldots \supseteq K_r \supseteq 1$$

une suite centrale de G *et soit*

$$G = H_1 \supset H_2 \supset \ldots \supset H_c \supset 1 \quad [\text{où} \quad H_i = C^{i-1}(G)]$$

sa suite centrale descendante, alors le commutateur (K_j, C_i) *est contenu dans* K_{j+t} (*pour tous* j, t *avec* $j+t \leq r+1$).

En effet, $\widehat{G}$ est un groupe d'automorphismes de G qui laissent invariants les quotients K_i/K_{i+1}. En vertu du corollaire, pour tous j, t, $C^{t-1}(\widehat{G})$ laisse invariant K_j/K_{j+t}. Mais on a $C^{t+1}(\widehat{G}) = \widehat{H}_t$ d'où résulte le théorème de Hall.

G étant un groupe et $\mathfrak{A}$ étant un groupe d'automorphismes de G, posons $C^0(G; \mathfrak{A}) = G$ et, par récurrence, $C^j(G; \mathfrak{A}) = C[C^{j-1}(G; \mathfrak{A}); \mathfrak{A}]$. La suite

$$G = C^0(G; \mathfrak{A}) \supseteq C^1(G; \mathfrak{A}) \supseteq \ldots \supseteq C^j(G; \mathfrak{A}) \supseteq \ldots$$

sera dite la $\mathfrak{A}$*-suite descendante de* G. Si pour un j, on a $C^j(G; \mathfrak{A}) = 1$, G sera dit $\mathfrak{A}$*-nilpotent* et le plus petit entier r pour lequel $C^r(G; \mathfrak{A})$ se réduit à l'unité sera appelé la $\mathfrak{A}$*-classe* de G.

Cela étant, on a le

Théorème III. — *Soient* G *un groupe et* $\mathfrak{A}$ *un groupe d'automorphismes de* G *tel que* 1. G *est* $\mathfrak{A}$*-nilpotent et* 2. *pour tout* $j = 1, 2, \ldots;$ $C^j(G; \mathfrak{A})$ *est invariant dans* G [3]; *alors* $C^1(G; \mathfrak{A})$ *est nilpotent et*

$$C^1(G; \mathfrak{A}) \supset C^2(G; \mathfrak{A}) \supset \ldots \supset C^{r-1}(G; \mathfrak{A}) \supset 1$$

est une suite centrale de $G^1(G; \mathfrak{A})$.

Il suffit de démontrer que $C^{r-1}(G; \mathfrak{A}) = T$ est contenu dans le centre de $C^1(G; \mathfrak{A})$, le théorème se démontre alors facilement par récurrence sur la $\mathfrak{A}$-classe. Or, on a $T \subseteq Z(G; \mathfrak{A})$ et, *a fortiori*, $\mathfrak{A}$ est permutable avec $\widehat{T}$.

---

(2) *Proceedings London, Math. Soc.*, 2e série, **36**, 1933, pp. 29-95. Théorème 2-5.

(3) La condition 2. sera, par exemple, toujours remplie si $\mathfrak{A}$ est un sous-groupe invariant du groupe de tous les automorphismes de G.

D'autre part, on a $C(G; \hat{T}) \subseteq T \subseteq Z(G; \mathfrak{A})$, car T est invariant dans G, en vertu de la condition 2 du théorème.

La proposition A entraîne alors $Z(G; \hat{T}) \supseteq C^1(G; \mathfrak{A})$, c'est-à-dire $C^1(G; \mathfrak{A})$ est permutable avec T, ce qui démontre le théorème.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les directions de Borel des fonctions entières et de leurs dérivées.* Note de M. **Henri Milloux**, présentée par M. Paul Montel.

I. Étant donnée une fonction entière $f(z)$, nous désignerons dans la suite par $g(z)$ soit cette fonction, soit une quelconque de ses dérivées.

Il est bien connu et d'ailleurs facile à démontrer que, si $f(z)$ est d'ordre infini, il existe au moins une direction au voisinage angulaire de laquelle s'accumulent les zéros de toutes les fonctions $g(z) - a$, de telle sorte que l'exposant de convergence de ces zéros est infini, sauf peut-être pour une valeur finie de a par fonction $g(z)$ (1). La Théorie des cercles de remplissage permet d'ailleurs de préciser considérablement cette propriété, en la dédoublant, c'est-à-dire en montrant qu'il existe au moins deux suites de cercles tendant vers l'infini, et angulairement distincts, où la propriété ci-dessus précisée des zéros de $g(z) - a$ est vérifiée.

En ce qui concerne le cas où l'ordre de la fonction $f(z)$ est fini et différent de zéro, M. Biernacki (2) a obtenu le résultat fondamental suivant : *La fonction $f(z)$ possède en commun avec les $g(z)$, une direction de Julia au moins.* La méthode employée par M. Biernacki, assez complexe, utilise en particulier, en les complétant, certains résultats dus à M. Mandelbrojt (3), notamment en ce qui concerne une condition suffisante pour que les dérivées d'une famille de fonctions holomorphes dans un domaine n'aient qu'un nombre borné de zéros dans un domaine complètement intérieur.

Les méthodes de M. Biernacki ne permettent pas de mesurer la densité des zéros des $g(z) - a$ dans le voisinage de la direction de Julia et d'autre part, ne s'appliquent pas au cas de l'ordre nul.

II. Je me suis proposé de reprendre cette question, en approfondissant celle des bases qui avait retenu l'attention de MM. Mandelbrojt et Biernacki et qui est en liaison avec une étude antérieure due à M. Ostrowski. La question qui s'est trouvée la plus importante à résoudre a été la suivante :

Quelles sont les propriétés d'une fonction holomorphe dans un domaine D,

(1) G. Valiron, *Rendiconti del Circolo matem. di Palermo*, t. 54, 1938, p. 1-9. (*Voir* notamment p. 8.)

(2) *Académie polonaise des Sciences*, 1929, p. 529-590. (*Voir* notamment p. 551.)

(3) *J. de math.*, t. VIII, 1929, p. 173-195.

lorsque sa dérivée première a un grand nombre de zéros dans un domaine Δ complètement intérieur à D (plus de n')?

Sous des conditions très générales, on trouve alors, *soit que le module de la fonction varie relativement très peu dans* Δ, *soit qu'il existe une grande richesse en nombre et en diversité des valeurs acquises par la fonction dans* D. D'une façon plus précise, dans ce dernier cas, D *est un domaine de remplissage* : Dans D, la fonction acquiert au moins n fois toute valeur, à l'exception peut-être de valeurs dont les images sur la sphère de Riemann sont incluses dans deux petits cercles de rayons e^{-n}; n est l'indice de remplissage. Il dépend ici de la configuration de D et de Δ, et du nombre n', cette dépendance étant simple et naturelle.

III. L'utilisation des propriétés précédentes dans l'étude de la distribution des valeurs des fonctions $g(z)$, lorsque $f(z)$ est d'ordre fini, se montre particulièrement fructueuse et présente en outre l'avantage de l'homogénéité et de la simplicité. Le théorème suivant en est une conséquence :

THÉORÈME. — *Soit $f(z)$ une fonction d'ordre fini non nul. Il existe au moins une direction* V *telle que, dans tout angle d'ouverture arbitrairement petite et de bissectrice* V, *il existe, pour chaque $g(z)$, une suite de cercles de remplissage s'éloignant indéfiniment. Dans chaque suite, les zéros de $g(z) - a$ sont si nombreux (sauf peut-être pour une valeur finie de a) que leur exposant de convergence est égal à l'ordre de la fonction. Donc* V *est une direction de Borel-Valiron commune à toutes les $g(z)$.*

IV. La même méthode permet d'attaquer avec un succès égal les fonctions entières d'ordre nul dont la croissance n'est pas trop lente. C'est ainsi que *ces fonctions possèdent, en commun avec leurs dérivées successives, une direction qui est du genre des directions de Borel-Valiron dans l'ordre fini et qui, par conséquent, est en particulier direction de Julia.*

Soit $f(z)$ une telle fonction et $T(r, f)$, son indice caractéristique. La condition de validité de la propriété précédente est la suivante

$$\overline{\lim} \frac{\log T(r, f)}{[\log r]^{\alpha}} > 0$$

où α est une constante supérieure à $1/2$ (et, bien entendu, inférieure à 1, pour que la fonction soit d'ordre nul).

Par contre, alors que la méthode réussit parfaitement pour les fonctions d'ordre nul précédentes, elle échoue complètement pour les fonctions à croissance plus lente.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les formules de normalisation et de valeurs moyennes, le photon et les particules de spin supérieur à 1/2.* Note (*) de M. SERGE SLANSKY, présentée par M. Louis de Broglie.

Certaines particularités de la théorie des particules de spin 1 ou plus élevé, considérées comme formées de plusieurs corpuscules de spin 1/2, s'expliquent par la différence entre la densité de probabilité de localisation d'un corpuscule dans l'espace-temps et la densité dans l'espace ordinaire, si l'on part d'une description utilisant plusieurs temps pour un système.

1. L'instant où s'effectue la mesure d'une grandeur physique n'étant pas toujours connu exactement *a priori*, on peut envisager dans certains cas d'assimiler le temps à une grandeur aléatoire et de définir pour un corpuscule une quantité $\rho(x, y, z, t)$ représentant une densité de probabilité de localisation *dans l'espace-temps*. Si ψ est la fonction d'onde d'un corpuscule de spin 1/2 qui suit l'équation de Dirac, on est amené à prendre la densité ρ proportionnelle à $\psi^* \alpha_4 \psi$.

La quantité $\rho\, dx\, dy\, dz\, dt$ peut s'interpréter comme la longueur probable de l'arc de ligne d'Univers contenu dans le volume quadridimensionnel $dx\, dy\, dz\, dt$. La densité spatio-temporelle ainsi définie diffère de la densité de probabilité *dans l'espace* pour t donné, qui est comme on le sait $\psi^* \psi$.

2. Considérons un système de deux corpuscules semblables de spin 1/2, représenté par une fonction $\Psi(x_1 y_1 z_1 t_1, x_2 y_2 z_2 t_2)$ avec deux temps t_1 et t_2 pour les deux corpuscules. Supposons que nous voulions utiliser la fonction Ψ au calcul de prévisions concernant la mesure, à un instant t_1 bien déterminé, d'une grandeur $F^{(1)}$ n'affectant que le premier corpuscule, sans savoir exactement à quel instant t_2 pourrait avoir lieu une mesure sur l'autre corpuscule. L'expression de la valeur moyenne $\overline{F^{(1)}}$ comportera une intégration sur les coordonnées d'espace x_1, y_1, z_1 pour t_1 fixé et sur les coordonnées d'espace-temps x_2, y_2, z_2, t_2, ce qui fera apparaître le α_4 du second corpuscule. Nous aurons, à un facteur de normalisation près

$$(1) \qquad \overline{F^{(1)}} = \int \Psi^* F^{(1)} \alpha_4^{(2)} \Psi\, dx_1\, dy_1\, dz_1\, dx_2\, dy_2\, dz_2\, dt_2.$$

Supposons maintenant que, sans fixer complètement t_2, on se limite à des valeurs de t_2 très voisines de t_1 (ce cas correspond en quelque sorte à celui d'un système dont les constituants sont très rapprochés de sorte qu'ils agissent presque en même temps dans les observations). A la limite, on pourra négliger la variation de Ψ en fonction de t_2, supprimer l'intégration en t_2 en changeant le facteur de normalisation, et exprimer la valeur moyenne (1) par une intégrale dans l'espace de configuration prise pour $t_1 = t_2 = T$.

(*) Séance du 31 juillet 1950.

Plus généralement, considérons un système de n corpuscules de spin $1/2$, et posons

$$B_4^{(p)} = \prod_{k \neq p} \alpha_4^{(k)}. \tag{2}$$

En supposant les t_k (pour $k \neq p$) indéterminés mais voisins de t_p, si $F^{(p)}$ est une grandeur attachée au $p^{\text{ième}}$ corpuscule que l'on mesure à un instant t_p déterminé, nous aurons

$$\overline{F}^{(p)} = \int \Psi^* F^{(p)} B_4^{(p)} \Psi \, dx_1, \ldots, dz_n. \tag{3}$$

Nous supposerons maintenant que la fonction d'onde ne dépend des variables d'espace que par les coordonnées X, Y, Z du centre de gravité. Le système est alors assimilable à une particule de spin $n/2$. Dans le cas d'un opérateur ne contenant pas les coordonnées, nous pourrons remplacer l'expression (3) de la valeur moyenne par

$$\overline{F}^{(p)} = \int \Psi^* F^{(p)} B_4^{(p)} \Psi \, dX \, dY \, dZ \tag{4}$$

à condition de définir la normalisation de Ψ par

$$\int \Psi^* B_4^{(p)} \Psi \, dX \, dY \, dZ = 1. \tag{5}$$

Si Ψ satisfait les équations d'onde de la particule de spin $n/2$ la formule (5) donne un résultat indépendant de l'indice p, et pour un opérateur de la forme $F = F^{(1)} + \ldots + F^{(n)}$ on retrouve l'expression (¹)

$$\overline{F} = \int \Psi^* \sum F^{(p)} B_4^{(p)} \Psi \, dX \, dY \, dZ. \tag{6}$$

Dans le cas d'un opérateur fonction des coordonnées, les calculs sont plus compliqués, mais si nous calculons par la formule (3) les valeurs moyennes des coordonnées des différents corpuscules des simplifications apparaissent quand on les combine pour avoir la position moyenne du centre de gravité, et nous avons

$$\overline{X} = \int \Psi^* X . \frac{B_4^{(1)} + \ldots + B_4^{(n)}}{n} \Psi \, dX \, dY \, dZ. \tag{7}$$

Donc, *la position moyenne du centre de gravité est la même que si l'on avait une densité de probabilité définie par*

$$\Psi^* \frac{B_4^{(1)} + \ldots + B_4^{(n)}}{n} \Psi.$$

Comme nous l'avions remarqué précédemment dans le cas du photon (²), les

(¹) L. de Broglie, *Théorie générale des particules à spin.*
(²) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 275-276.

formules de normalisation (5) pour des valeurs différentes de p ne sont équivalentes que pour une solution des équations d'ondes. Il ne semble donc pas qu'on ait pour les particules de spin supérieur à 1/2 une formule simple de normalisation valable pour les fonctions propres d'un opérateur quelconque.

ÉCOLOGIE. — *Sur une méthode rapide de dépouillement horaire de la température à partir du minimum et du maximum journaliers.* Note de M. **Marc Hallaire**, présentée par M. Albert Demolon.

Il serait souvent utile, dans l'étude du développement des êtres vivants en leur habitat naturel, de disposer de dépouillements horaires des températures. Ceux-ci permettraient notamment de vérifier, de façon assez rigoureuse et en tenant compte des seuils de développement, les lois d'action de la température déjà trouvées dans les conditions de laboratoire.

La méthode de dépouillement graphique proposée présente le double avantage d'être rapide et de ne pas nécessiter l'emploi de thermomètres enregistreurs. Sa précision n'est cependant suffisante que si les dépouillements portent sur des périodes d'au moins 10 jours, comme ce sera souvent le cas en Écologie.

Cette méthode repose essentiellement sur la remarque suivante. Si l'on désigne par θ_h la température à une certaine heure d'une journée donnée, par m la température minimum de cette journée et par A l'amplitude journalière ($A = M - m$, M étant le maximum du jour), on a sensiblement

$$\theta_h - m = \rho_h A, \tag{1}$$

ou encore

$$\theta_h = m + \rho_h A, \tag{2}$$

ou enfin

$$m = \theta_h - \rho_h A, \tag{3}$$

relation linéaire qui permet de définir les différentes températures horaires d'une journée, en fonction de m et de M, à partir du moment où l'on connaît les valeurs des coefficients ρ_h correspondant à chacune des heures h de la journée.

Il résulte de l'équation (3) que la condition nécessaire et suffisante pour que la température, à une heure donnée h d'une journée définie par les coordonnées (A, m), soit égale à θ_i, est que le point figuratif (A, m) se trouve sur la droite $m = \theta_i - \rho_h A$. Cette valeur θ_i correspond alors à l'ordonnée de la droite à l'origine. Inversement, et plus généralement, si l'on dispose d'une abaque comportant la famille de droites parallèles $m = \theta - \rho_h A$, pour θ variant par exemple de degré en degré (définissant des classes de température

de 1 degré), la position du point figuratif (A, m) d'une journée déterminée, donnera par simple lecture sur l'axe des ordonnées, la classe correspondant à l'heure considérée h.

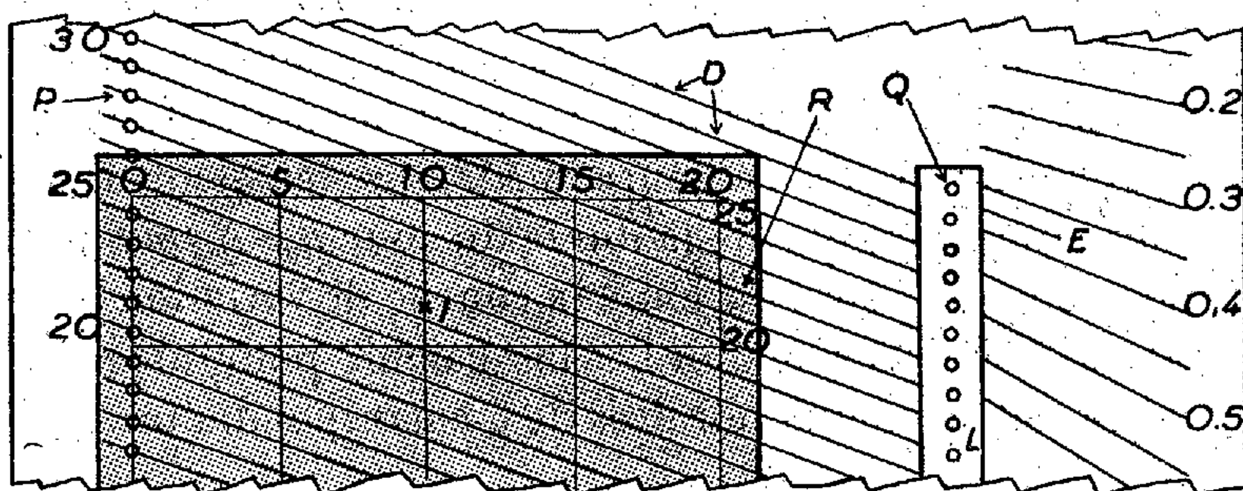


Fig. 1. — *Analyseur de température.* Les droites parallèles D sont articulées en P sur la planche et en Q sur la longuette mobile L; on règle leur inclinaison ρ en amenant E sur la graduation correspondante; sur la plaque de rhodoïd transparente R, le point I figure une journée caractérisée par $m = 21°,5$, $M = 31°,5$ (soit $A = 10°$); à l'heure étudiée h, où $\rho = 0,38$, on lit $\theta_h = 25°$.

L'*Analyseur de température* proposé comprend une seule abaque, dont les droites sont articulées sur l'axe des ordonnées. On peut ainsi régler facilement leur inclinaison en fonction de la valeur de ρ correspondant à chaque heure du jour. Dans ces conditions, après avoir *pointé* sur une plaque transparente pouvant se superposer à l'abaque précédente, l'ensemble des points figuratifs (A, m) relatifs aux différentes journées d'un mois donné, il suffit, pour

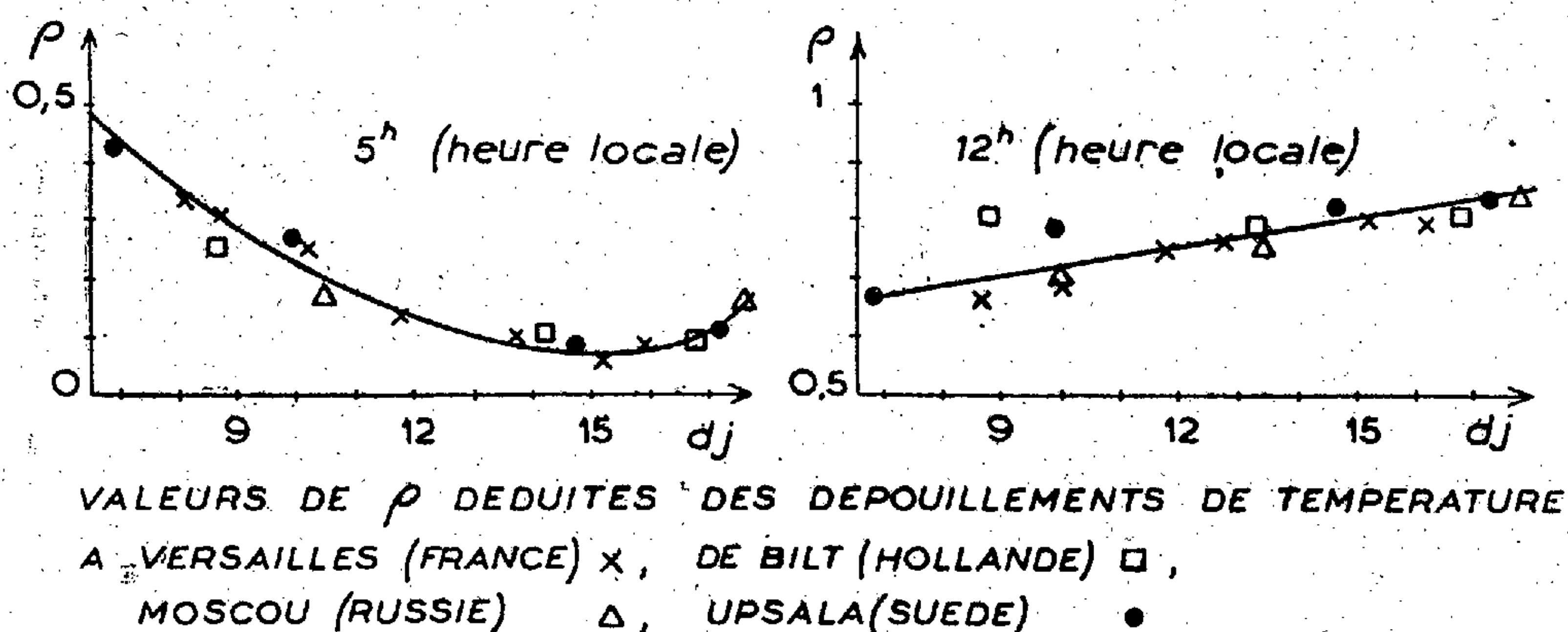


Fig. 2.

chaque valeur de ρ, de compter le nombre de points compris dans chaque classe de température, pour en déduire la courbe de fréquence des températures horaires du mois considéré. Le dépouillement d'un mois demande environ une demi-heure. Au lieu de l'analyseur précédent, on peut utiliser, parfois avec avantage, une abaque à points alignés sur supports rectilignes fixes

reposant sur les mêmes principes. Mais les dépouillements sont plus longs et nécessitent l'établissement d'une abaque spéciale pour chaque station considérée et chaque mois.

En ce qui concerne la valeur du coefficient ρ relatif à une certaine heure, celle-ci varie avec la latitude et l'époque de l'année considérées. Mais il a été possible de vérifier, tout au moins pour les stations de latitude moyenne et à condition d'exprimer les heures en heure locale, que la valeur de ρ_h ne dépend, en première approximation, que de la durée du jour d_j. Ayant établi une fois pour toutes, pour chaque heure du jour, la courbe de variation de ρ en fonction de d_j, il est alors facile d'en déduire, sans calcul, pour un lieu et un mois donnés, les vingt-quatre valeurs horaires de ρ correspondantes.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la séparation et le dosage du vanadium tétravalent et du vanadium pentavalent.* Note (*) de MM. **André Morette** et **Ghislain Gaudefroy**, présentée par M. Paul Lebeau.

En vue d'une étude de l'action oxydante du vanadium pentavalent sur différents corps minéraux ou organiques, nous avons été amenés à établir une méthode de séparation et de dosage du vanadium tétravalent et du vanadium pentavalent, l'un en présence de l'autre dans une liqueur acide, applicable si possible à l'échelle semi-micro analytique. Les conditions requises sont une séparation complète du mélange vanadium IV + vanadium V à partir du milieu réactionnel et la conservation intégrale des proportions initiales respectives des deux formes.

I. Nous nous sommes d'abord préoccupés de résoudre le problème posé en ce qui concerne le vanadium tétravalent considéré isolément. A l'état pentavalent, un récent travail de l'un de nous a montré [1] que la séparation quantitative exacte se réalise assez facilement, mais qu'il n'existe guère que deux méthodes satisfaisantes, celle au vanadate mercureux et celle au cupferron; par contre, à l'état tétravalent, la précipitation complète du vanadium, est assez laborieuse; elle a été peu étudiée en dehors de Béard [2] qui utilise le nitrate mercureux et de D. Bertrand [3] qui précipite par un acide la solution de sulfosel donnée par le sulfure d'ammonium en excès.

Or, si la précipitation complète de l'hydroxyde de vanadyle par l'ammoniaque est impossible en milieu aqueux, surtout en l'absence d'électrolytes dissous, elle est réalisable, aisément, en milieu acétonique. Une proportion de

---

(*) Séance du 31 juillet 1950.

(1) A. Morette, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 526.

(2) *Ann. Chim. Anal. appl.*, 10, 1905, p. 41.

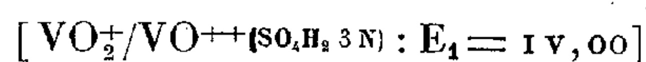
(3) *Thèse Doct. ès Sc.*, Paris, 1941.

50 % d'acétone est en effet suffisante pour obtenir l'insolubilisation totale par l'ammoniaque à partir de la solution sulfurique initiale, en présence des sels provenant de la double décomposition; pour le lavage et la purification du précipité, opérés à la centrifugeuse, une proportion de 85 % d'acétone permet de rendre la réaction de l'acide pervanadique négative dans le filtrat. Les dosages montrent que l'on retrouve le vanadium intégralement dans le précipité.

II. La séparation quantitative du vanadium tétravalent d'avec le vanadium pentavalent, en solution sulfurique, ne peut être effectuée comme il est indiqué ci-dessus, car lorsque les deux formes coexistent il n'y a pas alors de précipitation franche de l'hydroxyde de vanadyle dans les conditions décrites. Nos essais de précipitation sélective de l'une ou l'autre des deux formes, par un moyen approprié, ayant échoué, et nous inspirant du fait que l'hydroxyde de vanadyle est d'autant plus insoluble que le milieu est plus riche en sels dissous, nous avons effectué la précipitation globale du vanadium, non plus par l'ammoniaque, mais par le carbonate monosodique en présence d'acétone. On observe alors que le vanadium est séparé en totalité sous la forme d'un mélange d'hydroxyde de vanadyle et de vanadate de sodium complètement insolubles en présence des sels (SO_4Na_2, Co_3NaH) présents et du solvant organique. En outre, la neutralisation de la liqueur acide initiale par le carbonate monosodique est accompagnée d'un dégagement de gaz carbonique, au sein même de la solution, de sorte que l'hydroxyde de vanadyle se trouve protégé de l'influence oxydante de l'air. Le mode opératoire mis au point consiste à ajouter au milieu, d'abord le carbonate monosodique, puis l'acétone en quantité suffisante pour obtenir comme précédemment une concentration finale en acétone de 85 %; on lave ensuite le précipité par centrifugation avec de l'acétone-eau au même titre; cette concentration en solvant organique rend négative la réaction de l'acide pervanadique dans le filtrat.

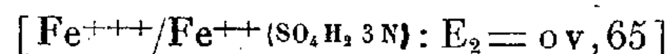
III. Le dosage des deux formes vanadium IV et vanadium V, après séparation, peut être effectué classiquement par manganimétrie.

Nous préférons toutefois déterminer directement le vanadium V



$$[VO_2^+/VO^{++}{}_{(SO_4H_2\,3\,N)} : E_1 = 1\,v,00]$$

par le sulfate ferreux



$$[Fe^{+++}/Fe^{++}{}_{(SO_4H_2\,3\,N)} : E_2 = 0\,v,65]$$

en présence de diphénylamino sulfonate de baryum ($E_3 = 0\,v,83$), comme indicateur, selon la méthode de Ducret ([4]); on oxyde alors à fond le produit de la réduction par le persulfate de potassium ($E_4 > 1\,v,00$), on dose globa-

---

([4]) *Anal. Chim. Acta*, **1**, 1947, p. 135; G. Charlot, *Méthodes modernes d'analyse quantitative minérale*. Paris, 1949

lement V^{IV} et V^{V} en retour comme précédemment à l'aide du sulfate ferreux et l'on obtient le vanadium IV par différence.

Cette méthode présente l'avantage d'éviter l'emploi de réactifs gazeux (SO_2, CO_2), d'opérer à pH constant avec une seule liqueur titrée et un seul indicateur, lequel est réversible et beaucoup plus sensible que l'apparition de la couleur rose de l'ion permanganique, toujours gênée par l'existence d'une teinte propre au vanadium.

Les détails des techniques opératoires seront publiés dans un autre recueil. La précision est assez grande pour que l'erreur ne dépasse pratiquement pas 2 % lorsque les déterminations portent sur une quantité totale de vanadium de l'ordre de 10 à 20 milligrammes et reste inférieure à 1 %, lorsque la teneur en vanadium est de quelques centigrammes.

En résumé, la séparation et le dosage du vanadium tétravalent et du vanadium pentavalent, à l'échelle semi-microanalytique, peuvent être réalisés par le procédé qui vient d'être décrit. Ce procédé est applicable à des milieux dans lesquels le vanadium pentavalent a été employé comme réactif oxydant de substances diverses.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de quelques nitriles cyclaniques substitués.* Note de MM. **Max Mousseron** et **Jean Jullien**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le *cyano-1 chloro-2 cyclohexanol* (I) (E_{14} 142°, F 38°, Cl % 22,6, N % 8,7) déjà entrevu par Fourneau et Maréchal [1] a pu être distillé en présence d'acide sulfurique et obtenu cristallisé par action : *a.* du cyanure de potassium sur la combinaison bisulfitique de la chloro-2 cyclohexanone; *b.* de l'acide cyanhydrique sur la chloro-2 cyclohexanone; *c.* de l'acide chlorhydrique gazeux sur l'époxy-1.2 cyano-1 cyclohexane.

Le cyano-1 chloro-2 cyclopentanol a été préparé d'une manière identique (E_{18} 143°, n_D^{25} 1,4843, d_{25} 1,218, N % 9,5, Cl % 24,1).

L'hydrolyse alcaline de (I), très rapide (soude 2 N à 20°), donne le cyano-1 cyclohexanediol-1.2 distillable avec légère décomposition en milieu acide et formation de cyclohexanol-1 one-2 en milieu basique.

Le cyanure de potassium en milieu alcoolique conduit au dicyano-1.2 cyclohexanol qui, par distillation en milieu légèrement alcalin donne la cyano-2 cyclohexanone (III) (Semicarbazone F 162°, capillaire).

L'hydrolyse acide (acide sulfurique 2 N), très lente, même à chaud, n'est que partielle et conduit à la chloro-2 cyclohexanone à côté du cyano-1 cyclohexanediol-1.2.

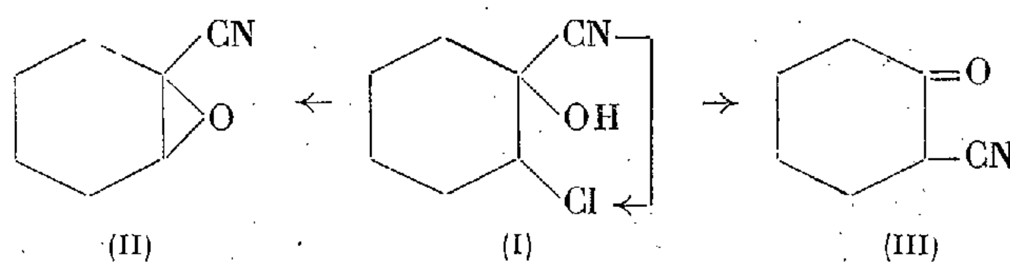
La déshalogénation de (I) par l'éthylate de sodium donne un mélange

---

(1) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 12, 1945, p. 990.

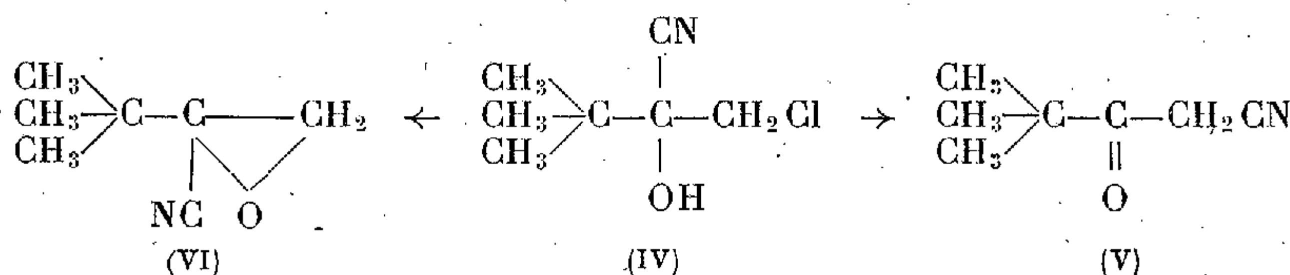
d'époxy-1.2 cyano-1 cyclohexane (II) et de cyano-2 cyclohexanone (III) riche en (II) si l'on opère vers 0°, riche en (III) vers 80°. L'époxyde s'isomérise partiellement en cétone par l'éthylate de sodium à 80°

L'époxyde et la cétone sont facilement différenciés : *Epoxyde*, E_{15} 99°, obtention de (I) par l'acide chlorhydrique gazeux; *Cétone*, E_{15} 135°, semi-carbazone F 162°.



Dans ces deux modes d'obtention de la cyano-2 cyclohexanone on observe une migration de la fonction nitrile : en effet en appliquant les réactions précédentes à la méthyl-5 chloro-2 cyclohexanone, on isole la méthyl-5 cyano-2 cyclohexanone. La saponification alcaline de cette cyanocétone fournit en effet l'acide méthyl-3 pimélique (amide F 144-145°), identique à l'acide obtenu par ouverture de la carbethoxy-2 méthyl-5 cyclohexanone. Seule la migration du nitrile peut donner ce résultat, l'autre mécanisme donnant l'acide méthyl-4 pimélique.

Nous avons étendu l'étude de la migration du groupement cyané en appliquant ces réactions à la chloro-1 diméthyl-3.3-butanone-2; l'action du cyanure de potassium fournit la cyanocétone et non l'époxyde cyané ([2]); en effet, le produit obtenu (F 67-68°) ne fixe pas l'acide chlorhydrique gazeux, donne une semi carbazone (F 142°) et par saponification on isole l'acide tertiobutyl carboxylique (amide F 152°). La cétone chlorée, traitée par l'acide cyanhydrique conduit au chloro-1 cyano-2 diméthyl-3.3 butanol-2 (IV) (F 65-66°, Cl % 23,1, N % 8,5). Par action de l'éthylate de sodium, (IV) donne la cyanocétone (V) (F 68°, semi carbazone F 115° capillaire) avec en tête de distillation une petite quantité de produit (VI) ne renfermant pas de chlore (N % 11,1) et fixant l'acide chlorhydrique gazeux :



Par action du cyanure de potassium sur la chloro-2 cyclohexanone on sépare principalement, en milieu aqueux concentré à 20°, l'époxyde cyané (II) avec un peu de cyano-2 cyclohexanone (III); après ébullition, on a surtout

([2]) O. Widman et E. Wahlberg, *Ber. d. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 2065.

la cyanocétone, tandis qu'en milieu alcoolique à froid on isole peu de cyanocétone, l'époxyde cyané et de petites quantités d'éthoxy-1 époxy-1.2 cyclohexane.

L'époxy-1.2 cyano-1 cyclohexane fournit des réactions d'addition; ainsi une solution aqueuse concentrée de cyanure de potassium le transforme en cyano-2 cyclohexanone, alors que l'hydrolyse à pH 9 donne la cyclohexanol-1 one-2. La diméthylamine en solution aqueuse à 25 %, à 130° donne la cyanhydrine de l'aminocétone, qui par distillation conduit à la N-diméthylamino-2 cyclohexanone, (E_{15} 94°, picrate F 114-115°). L'acide chlorydrique gazeux fournit le cyano-1 chloro-2 cyclohexanol (I). L'hydrolyse à pH 12, après saponification de la fonction nitrile, conduit vraisemblablement à l'acide cyclohexanone-2 carboxylique donnant la cyclohexanone.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation de l'acide benzoïque par le permanganate de potassium.* Note de M. **Alfred Leman** et Mlle **Marie-Thérèse Montaigne**, transmise par M. Marcel Delépine.

Après avoir étudié l'oxydation de l'acide phtalique par MnO_4K [1] nous avons recherché si l'acide benzoïque était oxydable dans les mêmes conditions.

Dans nos essais nous chauffons à une température donnée, pendant un temps déterminé, 120$^{cm^3}$ de solutions aqueuses renfermant des quantité connues d'acide benzoïque, de MnO_4K et de SO_4H_2. Nous arrêtons brusquement l'oxydation par un excès de $C_2O_4H_2$, excès dosé ensuite par MnO_4K.

1. *Influence de l'acidité.* — Nous avons observé que l'augmentation d'acidité diminue d'abord *la vitesse* initiale d'oxydation, mais l'augmente fortement par la suite. Pour une *même durée de réaction*, par exemple 10 minutes à 95°, avec 10$^{cm^3}$ de MnO_4KN et des volumes de SO_4H_2N variant de 0,5 à 95$^{cm^3}$ on peut distinguer trois stades différents d'oxydation : de 0,5 à 5$^{cm^3}$, le taux d'oxydation passe rapidement de 1 à 11 % ; de 10 à 30$^{cm^3}$, le taux est sensiblement identique, 12 à 13 % ; de 50 à 95$^{cm^3}$, le taux augmente peu à peu de 15 à 20 %.

2. *Influence de la quantité d'oxydant.* — Nous l'avons recherchée en chauffant 5 minutes à l'ébullition, en présence de 2 ou 20$^{cm^3}$ de SO_4H_2N, avec un excès d'oxydant calculé par rapport à la quantité nécessaire pour une oxydation totale. *Avec peu d'acide* le taux d'oxydation est déjà de 8,5 % avec un faible excès d'oxydant, 10 à 33 % ; il augmente ensuite régulièrement, mais il n'est encore que de 20 % avec un excès de 330 %. *Avec beaucoup d'acide* l'allure est différente : le taux égale encore 7 à 9 % avec un faible excès d'oxydant, mais n'atteint que 11,5 % avec un excès de 330 %.

3. *Influence de la température et de la durée de réaction.* — Nous avons oxydé

---

(1) A. Leman et M. Delannoy, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 322-324.

par 10^{cm^3} de MnO_4KN environ 5.10^{-5} mol d'acide benzoïque à 75, 85, 95° et ébullition, pendant des temps variables et en présence de quantités différentes de SO_4H_2. La moyenne des taux obtenus comporte ordinairement un écart absolu de 2 %, et 4 % à l'ébullition.

a. Températures élevées : ébullition et 95°.

Temps (minutes)		5.	10.	15.	20.	30.	60.	90.	120.	150.	180.	210.
Ébull. SO_4H_2N	2..	17,5	20	–	22,6	34,5	47,4	64,5	72,1	79	95	–
95° (cm³)	2..	3,6	5,8	9,3	12,4	16,6	30,1	43,7	50,4	57,6	64	70
	20..	3,2	–	19,9	–	32,4	48,7	68,1	78,5	89,4	95	–

A 95° l'allure de l'oxydation est beaucoup plus régulière. Au début elle est beaucoup moins rapide qu'à l'ébullition ; ensuite une acidité plus forte double le taux d'oxydation entre 15 et 30 minutes ; l'écart se maintient alors : le taux de 50 % est atteint en 1 heure en forte acidité, et en 2 heures en faible acidité ; l'oxydation est presque totale en 3 heures en forte acidité, tandis qu'elle n'est que de 70 % en faible acidité en 3 heures 30 minutes.

b. à 85°.

Temps (minutes)		5.	10.	20.	30.	60.	120.	180.
SO_4H_2N	20	6,1	12,1	19,0	28,6	46,5	67,9	83,4
(cm³)	3,6	4,7	9,5	17,6	24,3	37,7	58,3	–
	2	4,4	8,6	13,0	18,1	27,5	46,8	62,0
HONaN	2	–	4,8	5,6	6,6	8,0	–	–

Alors qu'en *milieu alcalin* nous n'avons constaté qu'une oxydation très faible, *en milieu acide*, avec 2 ou 20^{cm^3} SO_4H_2N, nous retrouvons sensiblement, à 3 ou 4 % près, les taux de 95 %, tant que le taux ne dépasse pas 62 %. Mais pour une oxydation plus avancée en milieu acidité forte, les taux sont nettement inférieurs, de 10 à 14 %, à ceux obtenus à 95 %.

c. à 75°.

Temps (minutes)		5.	15.	30.	60.	120.
SO_4H_2N	20	4,7	8,8	18,5	30,0	45,2
(cm³)	2	5,0	9,9	11,8	22,2	33,8
	0,5	5,8	7,2	11,1	18,8	–
	0	2,5	3,7	4,2	7,1	–

En *milieu neutre* l'oxydation est très faible. En présence de très *peu d'acide* ($0^{cm^3},5$) on atteint rapidement le taux de 6 %, mais l'oxydation se poursuit ensuite très lentement : taux de 19 % en une heure. En présence *de 2 ou* 20^{cm^3} *d'acide* l'oxydation n'est pas régulière : au début jusqu'au taux de 11 %, elle est un peu plus rapide pour une acidité moindre ; mais ensuite, alors qu'il existe un palier vers 12 % avec peu d'acide, l'oxydation croît rapidement avec beaucoup d'acide, pour atteindre le taux de 45 % en deux heures.

Conclusions. — 1° L'acide benzoïque peut être oxydé, même totalement, par une solution sulfurique de $MnO_4K0,1$ N.

2° Cette oxydation est plus difficile que celle de l'acide phtalique.

3° Une augmentation considérable de la quantité d'oxydant n'accélère que faiblement l'oxydation initiale, surtout en milieu fortement acide.

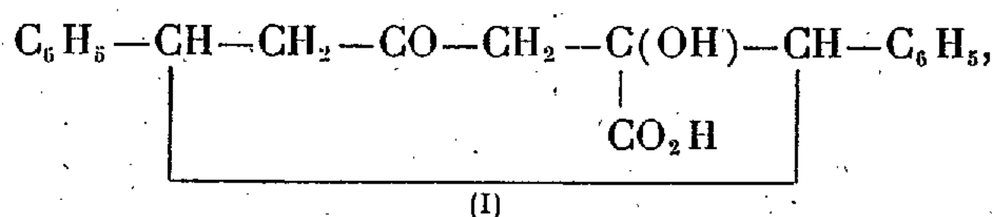
4° L'influence de l'acidité est prépondérante : au début de l'oxydation l'acidité paraît être une cause de freinage, tandis qu'ensuite elle accélère nettement; à 95° l'oxydation est pratiquement totale en trois heures, avec beaucoup d'acide.

5° Deux mécanismes sont possibles pour la réaction primaire d'oxydation : duplication du noyau, correspondant à un taux d'oxydation de 3,3 %, ou hydroxylation avec production d'acides hydroxybenzoïques (taux de 6,6 %). Des essais nous ont montré que les trois acides hydroxybenzoïques o., m., p. s'oxydent très rapidement dans nos conditions d'oxydation : à 85°, taux d'environ 90 % en une minute et demie.

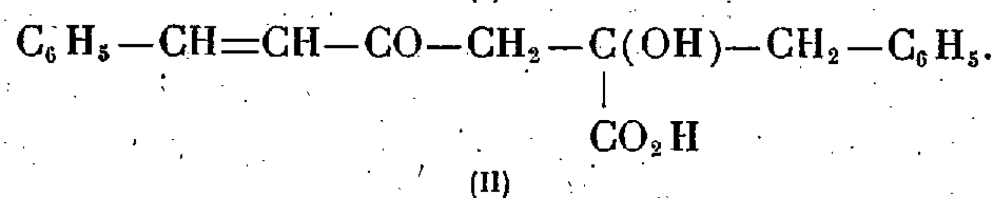
CHIMIE ORGANIQUE. — *Comportement de cétones éthyléniques aromatiques vis-à-vis de l'acide phénylpyruvique.* Note de M. **Paul Cordier** et Mlle **Marlyse Reh**, transmise par M. Marcel Delépine.

La structure cyclohexanique proposée antérieurement pour le produit de condensation de la benzalacétone et de l'acide phénylpyruvique a été confirmée par hydrogénation catalytique, par action de la soude et par comparaison avec l'acide-alcool cétonique issu de la réaction de la benzylacétone avec le même acide cétonique. L'anisalacétone se comporte d'une façon analogue avec l'acide phénylpyruvique.

I. Nous avons repris l'étude du produit de condensation de l'acide phénylpyruvique avec la benzalacétone [1]. En vue de préciser la structure cyclohexanique du composé isolé, nous avons examiné l'hydrogénation catalytique en présence de Ni Raney. Nous avons constaté que sous la pression normale à la température ordinaire, en solution aqueuse légèrement alcaline, il y a fixation au maximum d'une molécule d'hydrogène, ce qui est en accord avec la constitution proposée (I) et infirme la structure (II)

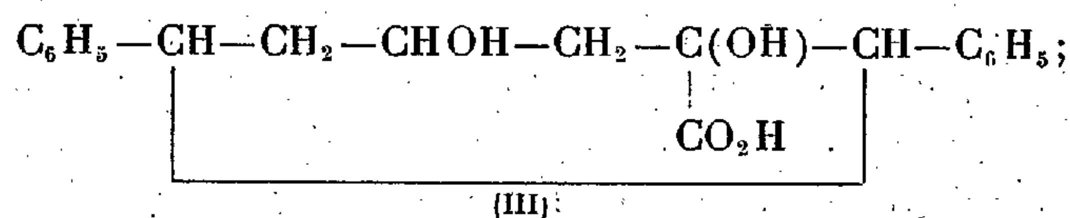


(I)



(II)

Le corps formé est un acide dialcool (III) F 217°

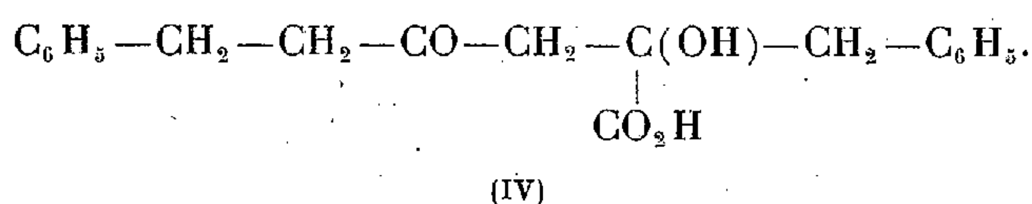


(III)

il diffère de celui obtenu en réduisant l'acide I par l'amalgame de sodium [1] et peut être considéré comme un diastéréoisomère. Il ne donne pas de semicarbazone et se lactonise facilement, les échantillons isolés contenant toujours une faible quantité de produit neutre (lactone F 175°). Sous l'action de l'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium il donne naissance à un acide diester acétique F 213° [identique au corps déjà obtenu [1]] ainsi qu'en témoigne le titrage direct et le titrage après saponification prolongée de quatre heures.

Comme il a été indiqué antérieurement, l'acide I n'est pas décomposé, en milieu alcalin, en acide α cétonique et cétone, mais nous avons constaté que sous l'action de la soude au 1/10 à l'ébullition il y a formation d'acide éthylénique dont le sel alcalin peu soluble précipite rapidement dans les conditions opératoires; isolé, ce sel est décomposé en milieu aqueux par ClH et l'on obtient ainsi un acide purifiable dans le benzène en fins cristaux incolores F 174°; ce corps est différent de celui obtenu par déshydratation en milieu acide de l'acide I [1].

Afin d'apporter un nouvel argument à la structure indiquée pour le corps I nous avons effectué la condensation de la benzylacétone avec l'acide phénylpyruvique; cette réaction irréversible rappelle celles obtenues avec les cétones à groupement CH_3 [2]. Le corps formé est facilement purifié par l'intermédiaire du sel de sodium peu soluble. Nous sommes en mesure d'attribuer à cet acide F 112° la structure (IV)



$$C_6H_5-CH_2-CH_2-CO-CH_2-\underset{\displaystyle CO_2H}{\underset{|}{C}}(OH)-CH_2-C_6H_5.$$

(IV)

Ce corps très labile en milieu alcalin et à chaud se transforme rapidement en cétone et acide phénylpyruvique : semicarbazone F 150°.

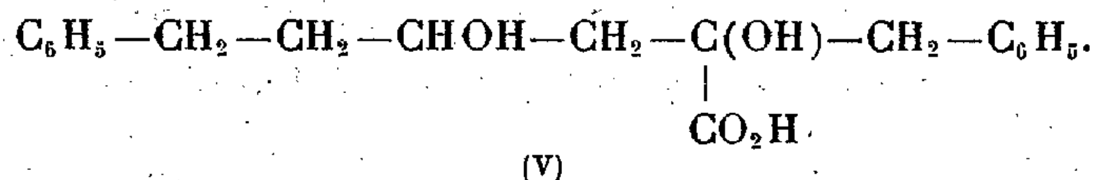
L'isolement de ce composé infirme à nouveau la structure (II) pour l'acide obtenu par condensation de la benzalacétone et de l'acide phénylpyruvique; en effet la fixation d'une molécule d'hydrogène sur ce dernier acide ne donne pas le composé (IV) mais l'acide alcool (III), isomère de constitution, de propriétés très différentes. L'hydrogénation catalytique du corps (IV) en présence de Ni Raney, en phase aqueuse légèrement alcaline est très lente, il y a fixation d'une seule molécule d'hydrogène; l'acide dialcool obtenu (V) fond

---

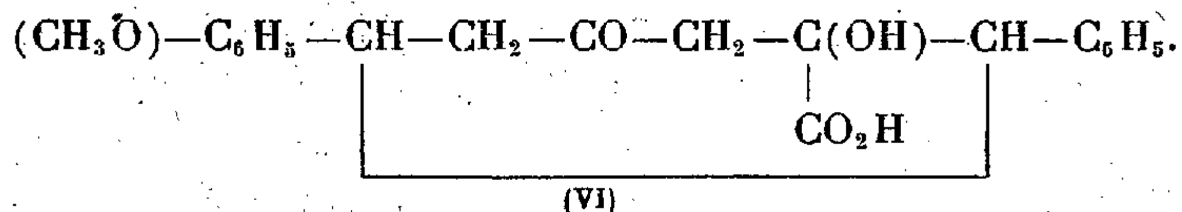
(1) P. CORDIER et HAKIM, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 347.

(2) P. CORDIER, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1440; **205**, 1937, p. 918; **225**, 1947, p. 338.

en se lactonisant vers 58°-60°



II. L'anisalacétone réagit avec l'acide phénylpyruvique dans les mêmes conditions que la benzalacétone d'une façon irréversible et totale au bout de 48 heures. Par acidification, isolement, purification par le benzène et cristallisation dans l'alcool dilué, on obtient un produit incolore, très pur F 208° (Rdt 56 %); l'analyse et les propriétés répondent à la formule (VI); semi-carbazone F 250° (déc.)



Sous l'action de l'acide chlorhydrique en milieu acétique à chaud, l'acide alcool cétonique (VI) donne naissance à un acide éthylénique précipitant lentement d'une solution benzénique en cristaux solvatés perdant le solvant de cristallisation à l'étuve vers 80° F 92-95°; l'acide sulfurique en solution aqueuse à 50 % ou en dilution acétique au 1/4 à froid, la soude au 1/10 à l'ébullition provoquent aussi une déshydratation avec formation d'un acide éthylénique isomère F 118°, moins soluble dans le benzène et retenant également du solvant de cristallisation. L'acide alcool (VI) ne fixe qu'une molécule d'hydrogène pour donner l'acide dialcool correspondant F 193° facilement lactonisable (lactone F 170-171°).

PALÉONTOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les Halécostomes et l'origine des* Clupeidæ. Note de M. **Camille Arambourg**, présentée par M. Louis Fage.

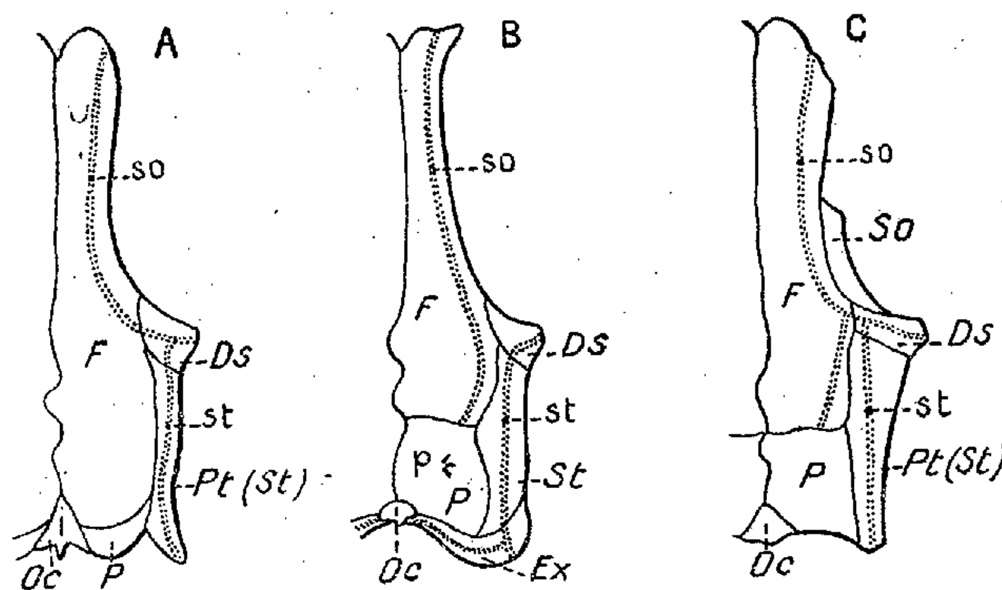
L'étude de divers Poissons fossiles du Crétacé d'Afrique et d'Amérique du Sud m'avait conduit, voici quelques années [1], à envisager la possibilité d'une filiation directe entre certains genres de Ganoïdes Halécostomes de la fin du Crétacé et certains *Clupeidæ* primitifs.

C'est ainsi que d'étroits rapports anatomiques paraissaient relier les *Dussumieriinæ* (ceux du genre *Spratelloides*, notamment) aux derniers *Leptolepis* du Jurassique supérieur.

La confirmation de ces vues, déjà anciennes, vient de m'être apportée par l'étude d'une importante série de Poissons du Crétacé supérieur du Djebel Tselfat, au Maroc.

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2110.

Parmi ceux-ci se trouvent un certain nombre de petits Poissons voisins de *Leptolepis neocomiensis* Bassani. Leur ostéologie générale et leur anatomie cranienne ont pu faire l'objet d'études de détail qui ont révélé de très étroites affinités entre ces fossiles et les *Dussumieriinæ*. Leur colonne vertébrale, entièrement ossifiée, et sa terminaison sont de type absolument téléostéen et clupéiforme; par contre, la structure de leur crâne, clupéiforme dans son ensemble, est remarquable par la constitution de sa voûte dermique et par la disposition de ses canaux sensoriels.



Voûtes dermiques schématisées. A, Téléostéen; B, Halécostome; C, *Clupavus*; Ds, dermosphénotique; Ex, extrascapulaire; Oc, supraoccipital; Pt, ptérotique; SO, supraorbitaire; St, supra-temporal; *so*, canal sensoriel supraorbitaire; *st*, canal supratemporal; *p*, *pit-lines* ou fossettes sensorielles.

La voûte comprend de longs frontaux, suivis de grands pariétaux largement en contact sur la ligne médiane, comme chez les Ganoïdes; mais un petit supra-occipital triangulaire s'insinue en coin dans la partie postérieure de ces derniers. Il n'y a pas d'extrascapulaires, comme chez les Téléostéens. Les canaux sensoriels ont un tracé qui correspond à la fois à celui des Téléostéens et à celui des Actinoptérygiens primitifs : la branche supraorbitaire des frontaux s'anastomose, comme chez les premiers, au niveau du dermosphénotique, avec les branches infraorbitaire et supra-temporale, mais elle conserve un diverticule qui s'étend à travers les frontaux, en se rapprochant de leur suture médiane, jusqu'au niveau des pariétaux, comme chez les Ganoïdes.

Il existe donc chez ces Poissons un ensemble de structures qui forment une transition morphologique presque idéale entre celles des *Leptolepidæ* et celles des Téléostéens clupéiformes, particulièrement des *Dussumieriinæ*.

C'est à ce nouveau type d'organisation, véritable trait d'union entre Ganoïdes et Téléostéens, auquel je propose de donner le nom générique de *Clupavus*, que se rattachent probablement la plupart des espèces de

« *Leptolepis* » du Crétacé inférieur et moyen groupées autour de *L. Brodiei* Agassiz, et telles que *L. formosus* Traq., *L. Brodiei* Ag., *L. neocomiensis* Bass., *L. Neumayri* Bass., *L. congolensis* Aramb. et Schneeg.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action de l'adrénochrome sur l'intestin thyroxiné du Lapin, en présence des acides pyruvique et pantothénique. Éventualité de la formation d'un* acétyl-adrénochrome. Note de M. **Bruno Minz**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours de recherches antérieures nous avons constaté que l'adrénaline est susceptible d'intervenir dans la synthèse biologique de l'acétylcholine à partir de la choline et qu'elle réalise cette intervention sous la forme de son produit d'oxydation, l'adrénochrome ([1]). Nous avons montré, par la suite, que ce dernier composé qui est exempt de tout effet sur l'intestin isolé d'un Lapin éthyroïdé, contracte cet intestin sous l'influence de la thyroxine ([2]). Cette action contractante peut être renforcée en présence de cocarboxylase ou d'acide pyruvique; les effets produits par les couples cocarboxylase-adrénochrome ou pyruvate-adrénochrome ne sont inhibés ni par l'atropine, ni par l'yohimbine, fait qui exclut toute apparition d'un corps du type de l'acétylcholine au cours de ce phénomène. L'action métabolique de la cocarboxylase et de l'acide pyruvique aboutit à une libération de radicaux acétyles. Nous avons donc émis l'hypothèse que ces radicaux seraient utilisés pour la synthèse d'un dérivé acétylé de l'adrénochrome, que nous désignons sous le nom d'*acétyl-adrénochrome*, sans préjuger de la façon dont nous pourrions chimiquement le représenter.

Il nous a paru intéressant de vérifier ces données pharmacodynamiques sur des bases plus purement enzymologiques. Lipmann et ses collaborateurs ont démontré que l'acétylation de la choline dans le cervau est due à un système enzymatique qui a pour coenzyme un dérivé de l'acide pantothénique, le coenzyme A ([3]), et nous avons signalé que l'acide pantothénique est susceptible d'intensifier la synthèse du médiateur cholinergique au niveau de l'intestin thyroxiné du Lapin ([4]). Nous avons constaté, d'autre part, que cette synthèse peut être inhibée, sur ce même organe, par un analogue de l'acide pantothénique, la pantoyltaurine ([5]).

([1]) B. Minz et C. Plotka, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 105 et *Arch. Sc. Physiol.*, **1**, 1947, p. 119.

([2]) B. Minz et O. Thibault, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1949, p. 1382, **143**, p. 151.

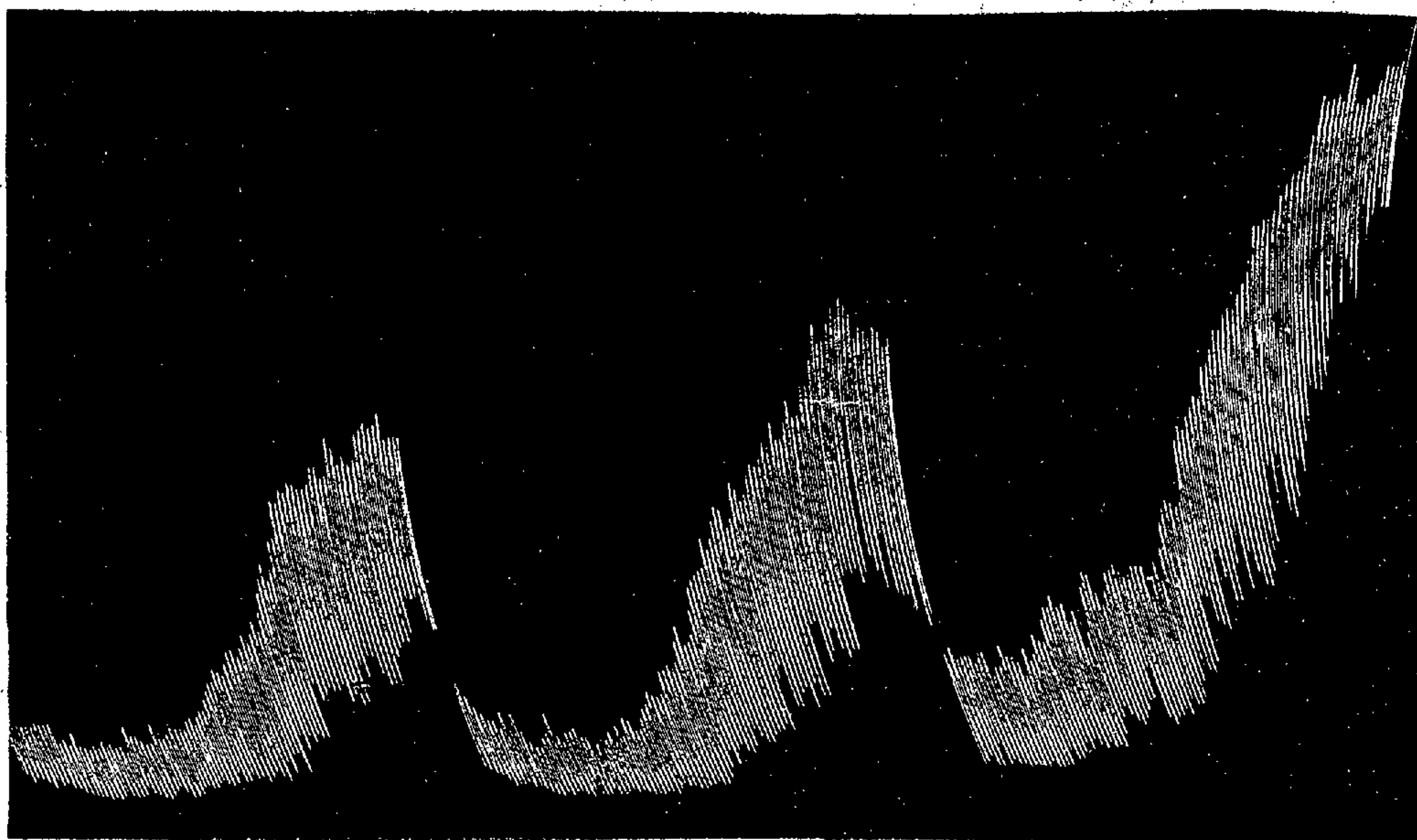
([3]) F. Lipmann, N. O. Kaplan, G. D. Novelli, L. Tuttle et B. Guirard, *J. Biol. Chem.*, **167**, 1947, p. 869.

([4]) B. Minz et G. N. Cohen, *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 803.

([5]) G. N. Cohen et B. Minz, *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 800.

Si l'effet renforçateur de l'acide pyruvique vis-à-vis de l'action contracturante de l'adrénochrome était dû à une acétylation de cette substance, il fallait donc s'attendre à ce que l'effet du couple pyruvate-adrénochrome, déclenché sur l'intestin thyroxiné du Lapin, soit exagéré par l'acide pantothénique et réduit par la pantoyltaurine. Or l'expérience nous montre qu'il en est ainsi.

Comme il ressort de la figure reproduite ci-dessous, l'action provoquée sur



I. II. III.

Intestin « thyroxiné » de Lapin. — Actions d'un cm³ d'une solution d'adrénochrome à 10^{-3} : I, seul; II, en présence d'un cm³ de pyruvate (solution à 10^{-3}); III, après addition successive d'un cm³ de pantothénate (solution à 10^{-3} M) et d'un cm³ de pyruvate (solution à 10^{-3}). Volume du bain : 100 cm³ de Tyrode.

l'intestin thyroxiné par addition d'un centimètre cube d'une solution d'adrénochrome à 10^{-3} (à un bain contenant 100^{cm^3} de Tyrode) est renforcée par la présence de pyruvate et l'effet du couple pyruvate-adrénochrome est nettement intensifié sur la même préparation à la suite de l'adjonction de pantothénate. Nous avons vu, d'autre part, que la pantoyltaurine tout en ne modifiant pas l'effet propre de l'adrénochrome, est susceptible de réduire l'action du couple pyruvate-adrénochrome.

Ces résultats nous incitent à admettre la possibilité d'une synthèse d'un dérivé acétylé de l'adrénochrome en présence de pyruvate au niveau de l'intestin thyroxiné du Lapin.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse d'un corps phosphorylé par la levure à partir de l'alcool.* Note (*) de M. EUGÈNE AUBEL, Mme MARIANNE GRUNBERG-MANAGO et M. JÉKISIEL SZULMAJSTER, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait, depuis les expériences de Lynen (1), que la levure de boulangerie est capable, dans certaines conditions, de faire disparaître le phosphore minéral, lorsqu'elle est mise en présence d'alcool. Ces résultats ont été mis en doute, mais nous avons pu les reproduire de la façon suivante :

6g de levure de boulangerie (Springer ou impériale) sont suspendus dans 60cm3 d'eau de robinet et soumis pendant cinq heures à un courant d'oxygène avec agitation au thermostat à 30°.

La levure ainsi préparée est divisée en deux parties :

A. 19cm3 de suspension de levure + NaF à concentration finale M/30. On complète par de l'eau distillée à 20cm3.

B. 19cm3 de suspension de levure + NaF à concentration finale M/30 + alcool éthylique à concentration finale M/100. On complète par de l'eau distillée à 20cm3.

Sur des prises successives, faites à intervalles de temps déterminés, on dose, dans chaque suspension, après déprotéinisation, le phosphore minéral par la méthode de Machebœuf-Delsal.

Voici les résultats obtenus :

	Temps en minutes après addition d'alcool.				
	0	2	5	10	30
	Phosphore minéral en µg pour 20cm3.				
A.	720	736	748	754	776
B.	736	296	188	188	248

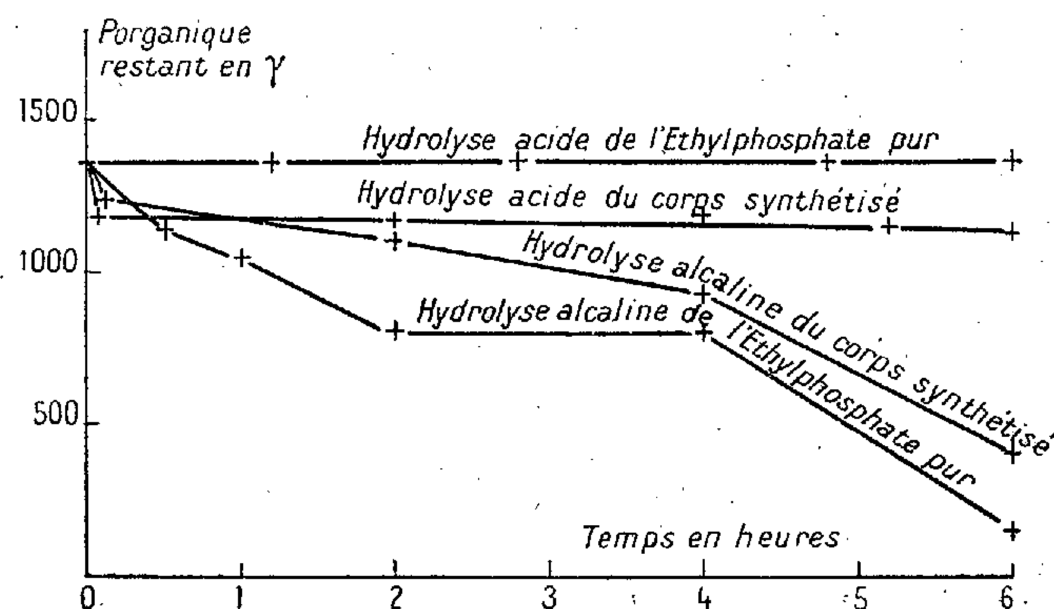
On voit, qu'en présence d'alcool, il a disparu au bout de 5 minutes, 75 % du phosphore minéral initial, alors que dans le témoin A non seulement le phosphore minéral ne disparaît pas, mais il augmente légèrement. Cette réaction rapide varie avec la concentration en alcool, la concentration optimale étant M/100.

Nous avons étudié la nature du composé formé. Il ne s'agit pas d'acétylphosphate comme le pensait Lynen, la recherche de ce corps par la méthode de Lipmann a été constamment négative. En outre, au cours du dosage,

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(1) *Ann. Chem.*, 546, 1941, p. 120.

l'adjonction de réactif molybdique ne montre pas de libération spontanée de phosphore minéral qui annulerait les différences entre les suspensions A et B, ce qui aurait lieu dans le cas de l'acétyl-phosphate.



Le corps phosphorylé formé résiste six heures à l'hydrolyse acide (HCl normal à 100 %) et partiellement à l'hydrolyse alcaline (NaOH normal à 100 %). Ces courbes d'hydrolyse sont comparables à celles de l'éthyl-phosphate pur.

Le fractionnement par l'acétate de baryum à pH 8,2 montre que 50 % du corps formé passe dans la partie *barytique insoluble*. L'éthyl-phosphate à des concentrations analogues (M/1200) à celle du corps formé se comporte de la même façon.

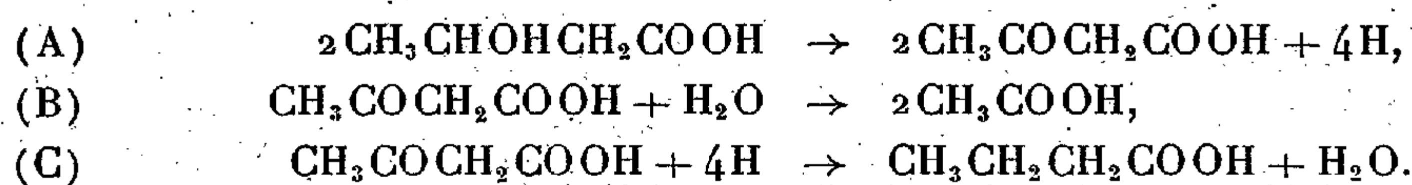
Cela nous conduit donc à penser que le composé phosphorylé formé dans nos expériences à partir de l'alcool par la levure, est l'éthyl-phosphate. Nous poursuivons l'isolement et la purification du corps synthétisé. En tout cas, dès maintenant nous signalons que, dans la fraction *barytique insoluble*, le seul corps résistant à l'hydrolyse acide autre que l'éthyl-phosphate pourrait être le phosphoglycérate. Sa présence nous paraît peu probable.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Existence d'une déshydrogénase β-hydroxy-butyrique chez des bactéries anaérobies.* Note de M. **Bention Nisman**, Mme **Germaine Cohen-Bazire** et M. **Georges N. Cohen**, présentée par M. Maurice Javillier.

Cohen et Cohen-Bazire [1], [2] ont montré que les suspensions de bactéries butyriques font fermenter le β-hydroxybutyrate en butyrate et acétate. L'acétylacétate peut subir une scission hydrolytique d'une part, ou être

(1) *Nature*, London, **162**, 1948, p. 578.
(2) *Ann. Inst. Pasteur*, **78**, 1950, p. 644.

réduit en butyrate d'autre part, sous l'influence de donateurs d'hydrogène (²) (³) ou de l'hydrogène moléculaire (⁴). Ces auteurs ont proposé le schéma suivant pour la dégradation du β-hydroxybutyrate en anaérobiose :

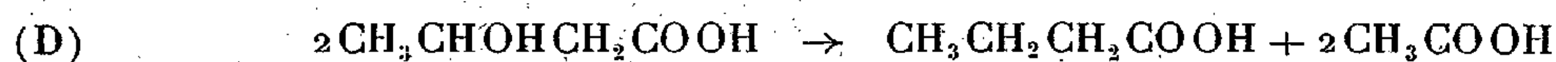


(A) $2\,CH_3CHOHCH_2COOH \rightarrow 2\,CH_3COCH_2COOH + 4H,$

(B) $CH_3COCH_2COOH + H_2O \rightarrow 2\,CH_3COOH,$

(C) $CH_3COCH_2COOH + 4H \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + H_2O.$

La somme de ces réactions se ramène à



(D) $2\,CH_3CHOHCH_2COOH \rightarrow CH_3CH_2CH_2COOH + 2\,CH_3COOH$

L'équation A postule l'existence d'une déshydrogénase β-hydroxybutyrique. L'expérience montre que le bleu de méthylène est réduit par le β-hydroxybutyrate en présence de suspensions des bactéries étudiées. D'autre part, Nisman et Vinet (⁵), (⁶) ont vu que, dans de nombreux cas de déshydrogénases de bactéries anaérobies, l'oxygène peut servir d'accepteur d'hydrogène.

Nous avons recherché la déshydrogénase de l'acide β-hydroxybutyrique par la méthode de Warburg. Nous avons constaté que le β-hydroxybutyrate est consommé en présence d'oxygène. Alors que dans le vide, on ne trouve comme produits de la réaction que du butyrate et de l'acétate et seulement des traces d'acétone, il se forme ici des quantités importantes d'acétylacétate que nous avons identifié sous forme de 2.4 dinitrophénylhydrazone de l'acétone (F 127°C).

TABLEAU I.

Cl. saccharobutyricum GR_4. 1400 micromoles de DL-β-hydroxybutyrate de Na en tampon phosphate de pH 7,1. Volume total : 40 ml. Azote total de la suspension bactérienne : 20 mg. T° = 37°C. 120 minutes d'agitation à l'air dans des fioles coniques.

β-hydroxybutyrate consommé (micromoles).	Acétylacétate formé (micromoles).	Acétate formé (micromoles).	Butyrate formé (micromoles).
814	257	565	115

On voit qu'ici comme dans le vide, les deux réactions de dégradation de l'acétylacétate ont encore lieu; cependant, la scission en acétate est beaucoup plus importante que la réduction en butyrate, l'hydrogène étant accepté par l'oxygène et non par l'acétylacétate.

La valeur du rapport β-hydroxybutyrate disparu/O_2 consommé nous permet

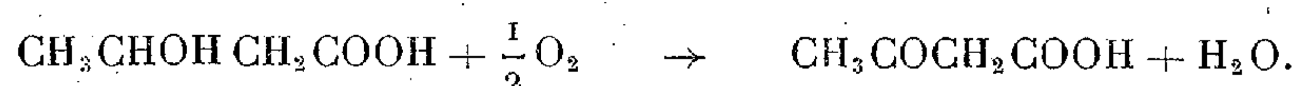
(³) G. N. COHEN et G. COHEN-BAZIRE, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1531.

(⁴) G. N. COHEN et G. COHEN-BAZIRE, *Nature*, London, 1950 (sous presse).

(⁵) *Ann. Inst. Pasteur*, 77, 1949, p. 277.

(⁶) *Ann. Inst. Pasteur*, 78, 1950, p. 115.

d'écrire la réaction ainsi



$$CH_3CHOH\,CH_2COOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3COCH_2COOH + H_2O.$$

Par contre, le rapport de l'acétylacétate apparu à l'oxygène consommé est loin d'être le rapport théorique, une partie notable de l'acétylacétate étant transformée en acides volatils comme nous l'avons vu.

L'addition de catalase ne change pas la quantité d'oxygène consommé, ce qui montre l'absence de formation d'eau oxygénée.

L'arsénite de Na inhibe la fermentation du β-hydroxybutyrate, ainsi que la scission hydrolytique de l'acétylacétate ([2]). Nous voyons ici un effet analogue. En présence d'arsénite, l'acétylacétate n'étant pas sollicité par une réaction parasite, le rapport acétylacétate formé/O_2 consommé se rapproche du rapport théorique égal à 2.

TABLEAU II.

Dans chaque cupule de Warburg : 33,5 micromoles de DL-β-hydroxybutyrate de Na + 1 ml. de suspension bactérienne + tampon phosphate M/60. Volume total : 3 ml. Dans la partie centrale : 0,2 ml. KOH à 20 %. Phase gazeuse : air. T° = 37°C. Arsénite : M/300. Durée des expériences : 120-140 minutes.

Souche.	N/ml suspension (mg).	— β-hydroxy-butyrate (micromoles).	— O_2 (µ-moles).	Acétylacétate formé (micromoles).	β-hydroxy / O_2.	AcAc / O_2.
I. GR_4	5,68	30	16,9	16,6	1,8	1
	5,68	32	16,6	16	1,9	1
II. GR_4	5,39	31	16,5	18,5	1,8	1,1
+ arsénite.	–	–	7,6	14,7	–	1,9
+ catalase.	–	–	15,7	–	–	–
III. PC_{48}	5,04	–	8	–	–	–
+ arsénite.	–	–	1	–	–	–
IV. *Cl. sporogenes* GO_1	5,30	0	1,5	–	–	–

L'enzyme est absent dans les suspensions de *Cl. sporogenes* GO_1. Les microorganismes que nous avons étudiés dégradent les deux isomères du β-hydroxybutyrate.

La déshydrogénase β-hydroxybutyrique décrite ici catalyse la réaction A. Elle a déjà été observée par Green, Dewan et Leloir ([7]) dans le cœur de porc, par Quastel et Wooldridge ([8]) et par Lemoigne, Péaud Lenoël et Croson ([9])

([7]) *Biochem. J.*, 31, 1937, p. 934.

([8]) *Biochem. J.*, 19, 1925, p. 652.

([9]) *Ann. Inst. Pasteur*, 77, 1949, p. 211.

chez diverses bactéries aérobies. Deux d'entre nous ont constaté par la suite que cette réaction est réversible, c'est-à-dire que les mêmes suspensions catalysent la réduction par l'hydrogène moléculaire de l'acétylacétate en β-hydroxybutyrate (4).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de la désoxyribonucléase sur quelques acides désoxyribonucléiques.* Note (*) de Mme **Yvonne Khouvine** et M. **Jean Grégoire**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait que les solutions d'acide désoxyribonucléique traitées par la désoxyribonucléase (DNase) perdent rapidement leur viscosité, ne précipitent plus par HCl et que des fonctions acides sont mises en liberté. La cinétique de la réaction a déjà été étudiée par diverses méthodes. En général, il est difficile de la suivre dès le début. Avec la méthode très sensible que J. Wajzer (1) a décrite pour le test de l'hexokinase et qui s'applique sans modification à la DNase, nous avons mesuré le développement de l'acidité au spectrophotomètre de Beckman.

Ayant déterminé les conditions optima, dans une étude de la cinétique publiée dans le numéro du 31 juillet par J. Grégoire, nous avons comparé l'action de la DNase sur divers acides et ne donnerons ici que quelques résultats.

Dans les cuves de 1^{cm} d'épaisseur du spectrophotomètre, on met la solution de nucléinate de Na; $0^{cm^3},4$ de rouge de phénol en milieu phosphaté M/37,5 (pH = 7,55); $0^{cm^3},5$ de solution de SO_4Mg. On amène à pH 7,55 avec de la soude N/100 ayant la couleur de l'étalon de phosphate et l'on complète le volume à 3^{cm^3}. On fait une première lecture de densité optique à $558^{m\mu}$. Au temps zéro, on ajoute à la micropipette quelques millimètres cubes de solution fraîche de DNase préparée selon Mac Carty (2). On suit alors la décoloration du rouge de phénol que provoque l'acidité libérée par la DNase, en notant de minute en minute les densités optiques à $558^{m\mu}$. Avec moins de 1^{mg} d'acide nucléique par centimètre cube, on reste dans une zone de pH : 7,58 à 7,35, où la chute des densités optiques est rigoureusement proportionnelle à l'acidité produite. On peut suivre ainsi la réaction dans son ensemble et tracer des courbes telles que celles de la figure 1.

Avec cette technique, nous avons étudié l'action de la DNase sur des acides nucléiques de tissus normaux ou cancéreux différant par leur origine, leur préparation ou leur conservation. Ces acides ont été extraits du thymus de veau (tissu frais), de testicules de rats cancéreux (tissu conservé à — 10°), de l'épithélioma atypique du rat (tissu cancéreux et nécrosé conservé à — 10°), de métastases axillaires conservées à — 10° et de laitance de poisson conservée dans le sel. En général, ils ont été préparés par extraction avec NaCl M, sans

(*) Séance du 31 juillet 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1270.

(2) *J. Gen. Physiol.*, 29, 1946, p. 128.

lavage, déprotéinisés par agitation en présence de $CHCl_3$, sauf l'acide de laitance isolé par un traitement alcalin, et précipités par l'alcool.

Bien que la viscosité relative de tous ces acides en solution à 0,1 % varie de 4 pour les testicules à 1,05 pour la laitance, la DNase libère toujours une fonction acide, environ, pour 4 atomes de phosphore et, pour de fortes concentrations d'acide (1 à 2 mg/cm³) et de faibles concentrations d'enzyme et de Mg, on observe, avant la libération de l'acidité, un temps de latence qui existe avec tous les acides, sauf avec celui de la laitance de poisson. Ce temps de latence correspond à une brusque chute de la viscosité. Si l'on se place dans les conditions expérimentales de la figure 1 (concentrations faibles d'acide et fortes de

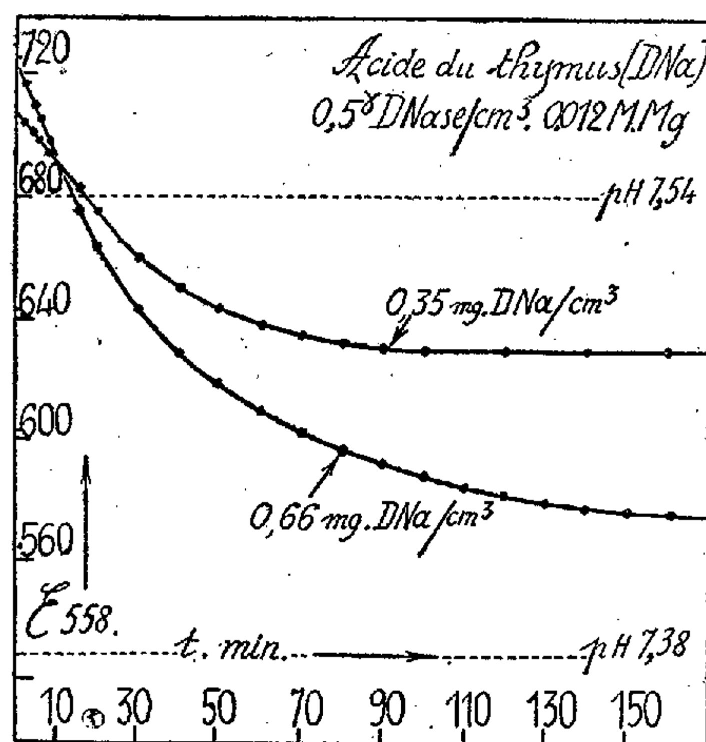


Fig. 1.

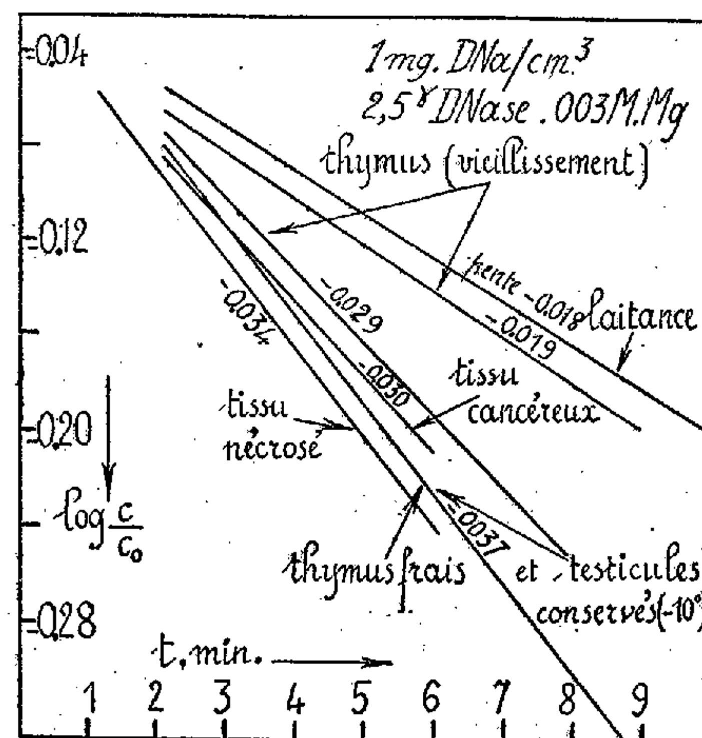


Fig. 2.

Mg), le temps de latence n'apparaît pas et la chute de viscosité se fait dès les premières minutes.

Pour une même concentration en substrat, Mg et DNase, la vitesse de la réaction est nettement différente suivant les acides désoxyribonucléiques comme le montrent les courbes de la figure 2. Ces différences de vitesse nous semblent dépendre moins de l'origine de ces acides que de leur mode de préparation et de leurs conditions de conservation. Il suffit, par exemple, de purifier les nucléoprotéines de l'épithélomia atypique du rat et de précipiter l'acide par HCl et non par l'alcool. pour que l'action de la DNase devienne nulle. Sans doute est-il possible d'obtenir, avec un même tissu, une gamme d'acides, pour lesquels l'action de la DNase ne serait pas la même. Nous ferons remarquer, enfin, que, si la nécrose provoque la disparition de l'acide ribonucléique, elle ne fait pas disparaître l'acide désoxyribonucléique, et laisse intactes ses propriétés vis-à-vis de la DNase.

La séance est levée à 15h30m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1950.

Au service de la Cité. Le cinquantenaire du Chemin de fer métropolitain de Paris. Paris, Imprimerie nationale, 1950; 1 vol. 39^{cm}.

Les diagrammes thermodynamiques, par G. GOURDET et A. PROUST. *Texte et planches.* Paris, Dunod, 1950; 2 vol. 24^{cm},5.

On some meteorological conditions for the dissemination of spores, pollen, etc., and a supposed wind transport of aloina spores from the region of lower yenisey to south. Western Finland in july 1936, par TOR BERGERON. Extrait de *Svensk Botanisk Tidskrift*, Bd 38, H. 3, 1944; 1 fasc. 24^{cm}.

Nyare rön om nederbördens uppkomst och Fördelning, par TOR BERGERON. Stockholm, Generalstabens litografiska anstalt, 1948; 1 fasc. 22^{cm}.

The problem of artificial control of Rainfall on the globe. I. *General effects of Ice-Nuclei in Clouds.* II. *The Coastal orographic maxima of precipitation in Autumn and Winter*, by TOR BERGERON. Extraits de *Tellus*. Vol. I, n°s 1 et 3, 1949; 2 fasc. 25^{cm}.

The wellcome historical medical library. A Brief account of its history, scope and purpose. London, Euston road, 1950; 1 fasc. 21^{cm}.

Réceptions du professeur Auguste Chevalier en Afrique occidentale française, par les Conseils généraux du Sénégal, du Soudan et du Niger français. Extrait de la *Revue internationale de botanique appliquée*, n°s 331-332, 1950; 1 fasc. 24^{cm}.

Siphonaptera from central america and Mexico. A morphological study of the aedeagus with descriptions of new genera and species, by ROBERT TRAUB. Fieldiana: *Zoology Memoirs*. Vol. I. Published by Chicago natural History Museum, 1950; 1 vol. 31^{cm}.

Union internationale de chimie pure et appliquée. *Comptes rendus de la quinzième conférence.* Amsterdam, 5-10 septembre 1949. Paris, Au siège de l'Union; 1 vol. 27^{cm}.

Union géodésique et géophysique internationale. Comité national français. Section d'hydrologie scientifique. *Commission du Bassin de la Seine.* Cahier n° 7. *Niveau journalier de la Seine-Mantes* (1879-1940). Cahier n° 8 : A. GUÉLIN. *Bactériophage de l'eau.* Cahier n° 9 : F. DIÉNERT. *Hydrologie souterraine du département de la Seine.* Cahier n° 10 : G. AUBERT. *Les sols des plateaux normands.* Cahier n° 11 : *Travaux de la rubrique biologie. Études biocentriques* (Zoologie et Botanique). Paris, 1949; 5 fasc. 27^{cm}.

Académie royale de Belgique. Classe des sciences. *Mémoires*. T. XXV. *Notes pour l'histoire de la botanique et de l'horticulture en Belgique*, par ÉMILE DE WILDEMAN. Bruxelles, 1950; 1 vol. 25^{cm}.

Cawthron Institute. Cawthron Lecture 1949. *The mineral nutrition of crops with special reference to fruit crops*, by THOMAS WALLACE. Nelson, R. W. Stiles and C°, 1950; 1 fasc. 25^{cm}.

Fradicin an Antifungal agent produced by Streptomyces fradiae, by E. AUGUSTUS SWART, ANTONIO H. ROMANO, and SELMAN A. WAKSMANN. Extrait de *Proceedings of the Society for Experimental biology and medicine*, 1950. Vol. LXXIII; 1 fasc. 25^{cm}.

The Bela schick lecture. Searching for new chematherapeutic agents. A Travelogue, by SELMAN A. WAKSMANN. Extrait de *Journal of the Mount Sinaï Hospital*. Vol. XVI, n° 5, 1950; 1 fasc. 25^{cm}.

Institut des parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. *A travers plaines et volcans au Parc national Albert*, par R. HOIER. Bruxelles, 1950; 1 vol. 27^{cm},5.

Id. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 63. *Palpicornie*, by J. BALFOUR-BROWNE. Fasc. 64. *Genres afrixalus et hyperolius*, par R. LAURENT. Fasc. 65. *Bibronidae* (*Diptera nematocera*), by D. ELMO HARDY. Bruxelles, 1950; 3 fasc. 28^{cm}.

Prelungirea functiilor neanalitice, integrarea prin conditii la limità, de CONSTANTIN POPOVICI. Extrait de *Analele Academiei Republicii populare Române. Sectinhea de stiinte matematice, fizice zi chimice*. Seria A. Tomul II. Memoriul 32. Editura Academiei Republicii populare române; 1 fasc. 24^{cm},5.

Principes de géologie, par PAUL FOURMARIER. T. I et II. 3e édition. Liége, H. Vaillant-Carmanne, 1949-1950; 2 vol. 27^{cm}.

Organisations des Nations Unies pour l'éducation la Science et la Culture. Conférence technique internationale Lake Success, 22-29-VIII 1949. *Procès-verbaux et rapports* Unesco, Paris-Bruxelles, 1950; 1 vol. 22^{cm},5.

Museum national d'histoire naturelle (Service de Muséologie). Exposition « Buffon » (24 juin-15 septembre 1949). *Inventaire des documents présentés*. Paris, 1950; 1 fasc. dactylographié, 27^{cm}.

Traité de matériaux de construction, par M. DURIEZ. T. I. Paris, Dunod, 1950; 1 vol. 28^{cm}.

Chemische technologie. Sammelwerk in fünf Bänden herausgegeben von KARL WINNACKER und ERNST WEINGAERTNER. *Anorganische technologie* I. München, Carl Hanser Verlag, 1950; 1 vol. 24^{cm}.5.

Au Commandant Marchand, chef de la Mission Congo-Nil et aux membres de l'expédition. Discours prononcés le 1er juillet 1949 au cours de la Cérémonie d'inauguration du monument élevé à Paris, en face du Musée de la France d'outre-mer. Paris, Imprimerie André Tournon, 1949; 1 brochure 21^{cm}.

PIER BOUGUER. *Optitcheskii traktat o gradatsii sveta*. Traduction de N. A. TOLSTOGO et P. P. FEOFILOVA. Académie des sciences de l'U. R. S. S., 1950; 1 vol. 22^{cm}.

Sveriges geologiska Undersökning Ser. Aa. Kartblad i skalan 1 : 500000 med beskrivningar, n° 191. *Beskrivning till Kartbladet untra*, av R. SANDEGRIN och P. H. LUNDEGÅRDH. Stockholm, P. A. Norstedt oth Söner, 1949; 1 brochure 24^{cm} et 1 carte 79 × 59^{cm}.

Bibliothèque de la Science moderne. *Éléments de physique moderne théorique*. T. II. *Structure de l'atome et du noyau*, par GEORGES GUINIER. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Bordas, 1950; 1 vol. 24^{cm}.

Institut français d'Afrique Noire. *Études sénégalaises*, n° 1. *La presqu'île du Cap-Vert*. Notice publiée à l'occasion du Ve Centenaire de la découverte du Cap-Vert (1444-1944) et.

de la première réunion internationale des ethnologues, géographes et naturalistes ouest-africains. Ifan, Dakar, 1949; 1 vol. 24cm,5.

Hommage national à Paul Langevin et Jean Perrin. Séance solennelle donnée sous la présidence de M. le Ministre de l'Éducation nationale, le lundi 15 novembre 1948, dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, à Paris; 1 fasc. 24cm.

L'organisation de la Recherche scientifique (Hommage national à Paul Langevin et à Jean Perrin). Collège de France, 17-18 novembre 1948; 1 fasc. 24cm.

Human sterilization. Technique of permanent conception control, par Robert Latou Dickinson et Clarence James Gamble. Waverly Press, Inc. 1950; 1 fasc. 25cm.

Revue française de photogrammétrie. Bulletin trimestriel de la Société française de photogrammétrie. Section Lamsedat de la Société française de photographie et de cinématographie. Nouvelle série, n° 1. Janvier 1950; 1 fasc. 27cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 AOUT 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** dépose sur le Bureau le volume IV, deuxième série, des *Œuvres d'Euler*, publiées par la Société helvétique des Sciences naturelles, et attire l'attention de l'Académie sur l'importance de cette publication.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Psoralea bituminosa *L.* Note de M. **René Souèges**.

Par les destinées de la cellule basale du proembryon, le *Psoralea bituminosa* est jusqu'ici la seule espèce des Papilionacées qui vienne se rattacher à la famille du *Geum urbanum*, du deuxième groupe embryogénique. Comme chez le *Geum*, la cellule apicale produit quatre quadrants en tétraèdre avec différenciation d'une épiphyse. Les caractères du *Psoralea* ne rappellent en rien ceux du *Galega officinalis*, de la même tribu.

L'importante tribu des Astragalées ou Galégées est divisée en un certain nombre de sous-tribus parmi lesquelles les Psoraléinées se distinguent de toutes les autres par leur gousse indéhiscente, avec graine adhérente au péricarpe. Le *Galega officinalis* L. de la sous-tribu des Téphrosiinées est la seule espèce de la tribu qui, jusqu'ici, ait fait l'objet de recherches embryogéniques rigoureuses ([1]). Ces recherches ont démontré que les lois du développement, chez cette plante, sont tout à fait différentes de celles qui ont été observées chez les autres Papilionacées, mais, offrent, par contre, de profondes analogies avec celles qui caractérisent le type embryonomique du *Drosera rotundifolia* L.

A la suite de ses observations, malheureusement trop succinctes, sur le *Galega orientalis* Lam., L. Guignard ([2]) ajoute simplement « qu'on trouve

---

([1]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1540.
([2]) *Ann. Sc. nat. Bot.*, 9e série, 12, 1881, p. 122.

encore dans les *Psoralea* et les *Dalea* les mêmes formes remarquables par le développement du suspenseur ». C'est tout ce que nous savons sur les *Psoralea*. Nous ne pouvons évidemment pas nous contenter de ces maigres données, qui ne nous renseignent nullement sur les lois réelles de l'embryogenèse, autrement dit, sur le plan fondamental qui préside à la construction de l'embryon et qu'il est nécessaire de bien établir.

Chez le *Psoralea bituminosa*, une tétrade de la catégorie B_1 se constitue par segmentation oblique de la cellule apicale et de la cellule basale du proembryon bicellulaire (*fig*. 1 à 3). Les deux éléments supérieurs, *a* et *b*, de cette tétrade, dissemblables et hétérodynames, produisent, selon les processus ordinaires, quatre quadrants disposés en tétraèdre, le quadrant terminal fonctionnant comme cellule épiphysaire, *e* (*fig*. 7). Les figures 8 à 14 permettent de se rendre compte de la marche de la segmentation dans les quatre quadrants; on peut remarquer qu'elle procède généralement par formation de parois anticlines. Au cours de cette période, les limites de l'épiphyse sont toujours aisément reconnaissables;

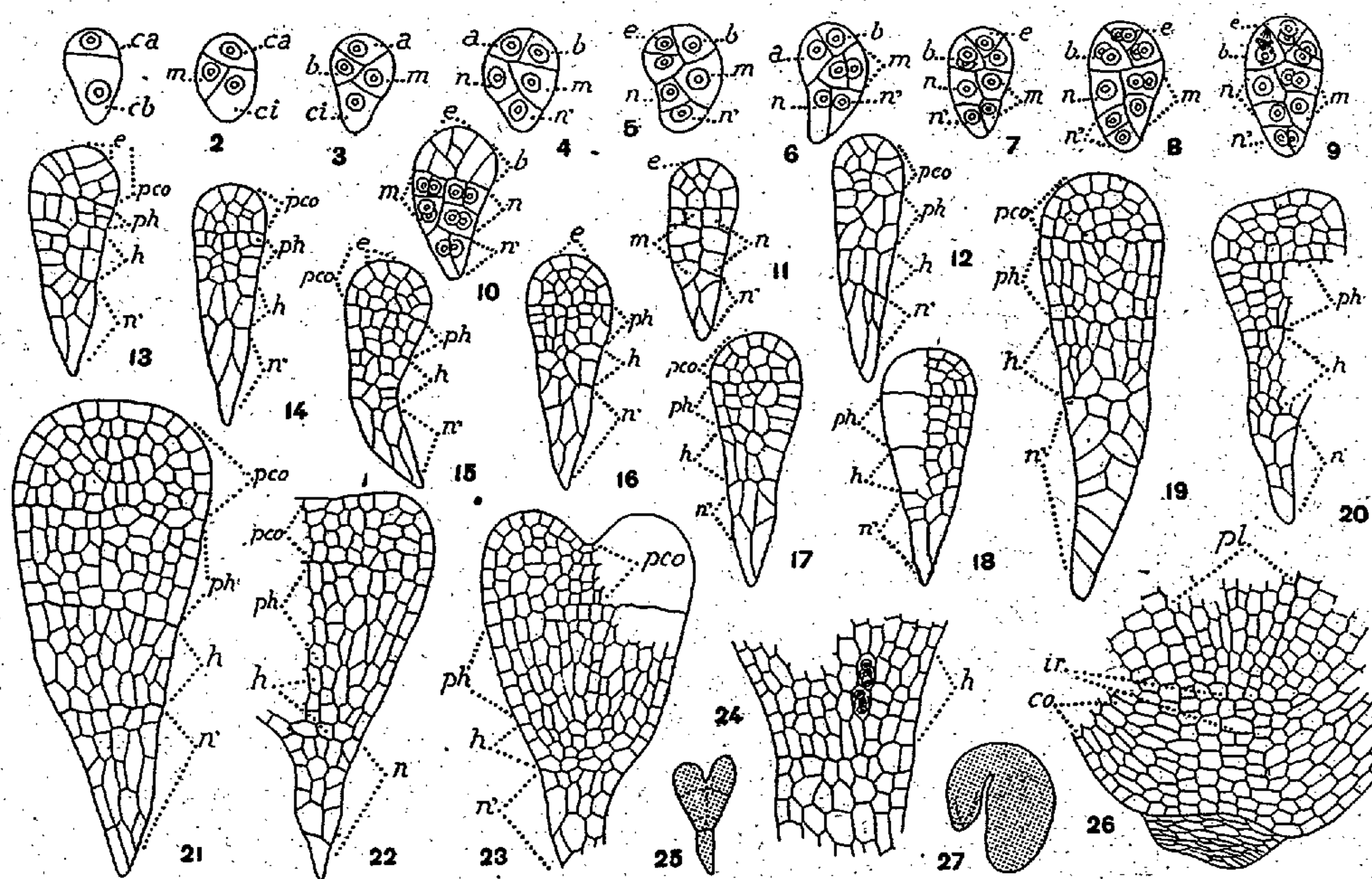


Fig. 1 à 27. — *Psoralea bituminosa* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de la cellule basale ou groupes cellulaires qui en dérivent; *a* et *b*, cellules-filles de la cellule apicale; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou groupe qui en est issu; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci* ou suspenseur; *e*, épiphyse; *pco*, partie cotylée *sensulato*; *ph*, hypocotyle; *h*, massif hypophysaire; *pl*, plérome; *ir*, initiales de la racine; *co*, coiffe; en 25 et 27, aspect général de l'embryon d'où sont tirés les détails des figures 24 et 26 — G = 250.

plus tard, il est difficile de séparer ses éléments de ceux qui dérivent des trois autres quadrants. Quoi qu'il en soit il apparaît nettement que ceux-ci sont à l'origine de la partie cotylée *sensu stricto*, c'est-à-dire des cotylédons, tandis que le quadrant épiphysaire engendre l'épicotyle.

Les deux éléments inférieurs, *m* et *ci*, de la tétrade, produits par la cellule basale

(*fig.* 3) prennent des cloisons également obliques laissant apparaître des éléments parfois nettement superposés (*fig.* 4, 5, 7), parfois placés l'un à côté de l'autre. Aux dépens de *ci*, se constituent les deux éléments *n* et *n'* : celui-ci, inférieurement placé, comprend l'extrémité radiculaire et engendre finalement un suspenseur massif, assez long, effilé par le bas, qui s'écrase et se résorbe dans les derniers stades du développement (*fig.* 26); l'autre, disposé au-dessus, limité supérieurement par la première paroi de segmentation, arrive à se placer sur le même plan que l'élément *m* dont il partage, dès ce moment, les potentialités constructives.

Parfois, par suite d'une disposition très inclinée de la paroi, le pôle basal du proembryon demeure inclus dans l'élément *n* (*fig.* 6); dans ce cas, la cellule *n'* et la cellule inférieure résultant de la segmentation transversale de *n* concourent à la génération du suspenseur. Dans cette même figure, la cloison apparaît verticale en *m*, mais elle se montre nettement transversale, dans le même blastomère, en 7, 8 et 9, séparant deux cellules superposées.

Cette dernière disposition représente le cas général. De cette sorte, il se constitue deux étages aux dépens de *m*, monocellulaires d'abord (*fig.* 7), puis bicellulaires (*fig.* 8, 9, 10). De même, *n* par division d'abord transversale (*fig.* 8, 9), puis longitudinale, fournit deux étages bicellulaires (*fig.* 10) qui, se plaçant au même niveau que les étages correspondants issus de *m*, donnent, sur toute l'étendue de la section transversale du proembryon, deux étages quadricellulaires (*fig.* 10). Après de nouvelles cloisons transversales et longitudinales dont les figures 11 et 13 montrent le mode général de disposition, ces deux étages quadricellulaires conduisent à la différenciation de deux zones cellulaires, *ph* et *h*, qui représentent, l'une la partie hypocotylée, l'autre le massif hypophysaire. Les deux zones se discernent nettement dans les formes jeunes, par exemple dans les figures 12 à 18, mais, plus tard, au terme de la vie proembryonnaire, avant la naissance des cotylédons, il est difficile de les délimiter, la masse embryonnaire se montrant assez homogène. On ne peut dire exactement quelles sont les parties de l'extrémité radiculaire que la zone *h* contribue à édifier et par quels processus les éléments de cette zone arrivent à édifier ces parties. A cet égard, on ne saurait, sans aucun doute, que répéter ce qui a été antérieurement rapporté, avec des détails suffisants, au sujet de l'origine et du rôle du massif hypophysaire chez le *Medicago Lupulina* ou le *Trifolium minus* (³). En 22 et 23, on peut se rendre compte de l'étendue du massif hypophysaire au moment de la naissance des cotylédons; un peu plus tard (*fig.* 24), se produit une élongation correspondant à la génération des assises génératrices d'initiales des tissus fondamentaux et de la coiffe à l'extrémité radiculaire.

Ainsi, comme le démontre de manière évidente, le seul examen des figures 1 à 22, la cellule apicale, chez le *Psoralea bituminosa*, donne seulement naissance à la partie cotylée *sensu lato*, tandis que la cellule basale engendre la tige hypocotylée, toutes les parties de la racine et le suspenseur; cela permet de rattacher le *Psoralea* au mégarchétype II de la première grande division du système périodique. Pareille donnée est tout à fait nouvelle dans l'histoire embryogénique des Papilionacées. Par sa tétrade de la catégorie B_{I}, l'Herbe au bitume vient, en outre, se ranger dans le deuxième groupe et, d'une manière plus étroite, dans la case du système commandée par l'archétype du *Geum urbanum* du même groupe et du même mégarchétype.

On ne retrouve, chez le *Psoralea*, aucun des caractères du *Galega officinalis*;

(³) R. Souèges, *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 76, 1929, p. 109; 81, 1934, p. 747.

les formes filamenteuses de celui-ci ne sont comparables en aucune manière, aux formes massives de celui-là et leur mode de construction obéit à des lois foncièrement différentes. Par sa tétrade *globuleuse* et par le comportement des deux éléments *m* et *ci* de cette tétrade, le *Psoralea* peut être rapproché des espèces qui ont été également rattachées au mégarchétype II du premier ou du deuxième groupe (espèces des genres *Lamium*, *Lycopsis*, *Symphytum*, *Tilia*, *Daphne*, par exemple) et chez lesquelles la part que prennent les deux blastomères *m* et *ci* à la construction de la région inférieure du corps embryonnaire a été beaucoup plus difficile à déterminer.

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Travaux du Laboratoire d'Entomologie du Secteur soudanais de Recherches agronomiques. Station expérimentale de M'Bambey (Sénégal) et Section technique d'Agriculture tropicale du Ministère de la France d'Outre-Mer. I. *La Faune entomologique des Cultures au Sénégal et au Soudan français*. II. *Contribution à l'Étude des Proctotrupidæ*, par Jean Risbec.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la théorie des fonctions dans un corps valué* (II). Note (*) de M. Claude Chabauty, présentée par M. Paul Montel.

Nous utilisons les définitions et résultats d'une Note antérieure (1). Soit K un corps formellement complexe. Dans le cas archimédien $K = C = R(i)$, on peut démontrer, en utilisant seulement les propriétés élémentaires des boules dans C et les inégalités de Cauchy, *cf.* (1), que si $f(x)$, application partielle de C dans un espace de Banach sur C, est au voisinage de tout y, $|y| < r \leq +\infty$ égal à une série $\Sigma a_{y,h}(x-y)^h$, elle est égale à une série $\Sigma a_h x^h$ convergeant dans $|x| < r$. Or, pour tout corps formellement complexe K les inégalités de Cauchy montrent que si $f(x) = \Sigma a_h x^h$, à coefficients dans un espace de Banach sur K, converge pour tout $x \in K$ et est bornée, c'est une constante. En appliquant ces résultats à $a(_0 + a_1 x + \ldots + a_{n-1} x^{n-1} + x^n)^{-1}$, $n \geq 1$, $a \in A$, A algèbre normée complète sur C (commutative ou non) ayant un élément unité, on démontre par l'absurde qu'il existe un $\lambda \in C$ tel que $a_0 + a_1 \lambda + \ldots + \lambda^n$ soit un élément non inversible de A. Supposons en outre que A soit un corps, on a donc $A = C$ [c'est le théorème de *Mazur* (2)] et aussi le fait que C est algébri-

(*) Séance du 7 août 1950.

(1) Chabauty, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 396.

(2) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1025-1028.

quement fermé (pour savoir que C est formellement complexe il nous a suffi de savoir que $x^{2^n}-1$ s'y décompose totalement pour tout n, ce qui est trivial). Le théorème de *Ostrowski* (qui résulte aisément du théorème de *Mazur*) et les conséquences qu'on en a tirées dans ([1]), n'interviennent pas ici. On peut donc se passer d'une démonstration autonome de celui-ci.

Supposons maintenant K formellement complexe *non archimédien algébriquement fermé*, l'ensemble V des $|x|$ quand x parcourt K, est partout dense dans $[0, +\infty[$. Nous disons qu'une fonction $f(x)$, à valeur et variable dans K, est *régulière* sur $u \leq |x| \leq v$, si, pour tout $l \in V$, $u \leq l \leq v$, à l'exception d'un nombre fini de valeurs, on a $|f(x)| = \bar{f}(l)$ quand $|x| = l$, $\bar{f}$ étant une fonction définie sur tout $[u, v]$, continue et $\neq 0$ sauf peut-être pour $l = 0$. Nous appellerons $\bar{f}$ le *graphe* de f. On a une extension évidente de ces notions pour des intervalles ouverts ou semi-ouverts, en utilisant les intervalles fermés qu'ils contiennent. L'étude du graphe des fonctions rationnelles est triviale. Pour les autres fonctions que l'on a à considérer, on l'obtient par passage à la limite.

Les résultats que l'on atteint permettent de démontrer l'énoncé suivant : Soit Δ la famille des parties de A de la forme $D = B_0 \cap \complement B_i$ où $B_0 = \underset{x}{\mathcal{E}}|x - x_0| < r_0 \leq +\infty$, $B_i = \underset{x}{\mathcal{E}}|x - x_i| \leq r_i$, avec $|x_0 - x_i| < r_0 > r_i$, $|x_{i_1} - x_{i_2}| > r_{i_1}$ et $> r_{i_2}$ $(i_1 \neq i_2)$, la famille des x_i étant finie dans tout ensemble borné. Soit $D_\varepsilon(\varepsilon > 0)$ l'ensemble défini de façon analogue, en remplaçant r_i par $r_i + \varepsilon$, r_0 par $r_0 - \varepsilon$ ou par ε^{-1} si $r_0 = +\infty$. Soit L_D l'ensemble des fonctions définies sur D, qui sont limites uniformes sur tout ensemble D_ε de fonctions rationnelles. Si $f \in L_D$ est nulle en une infinité de points contenus dans un même ensemble D_ε, on démontre qu'elle est identiquement nulle. D'où un principe de prolongement analytique pour les fonctions de $L = \bigcup_{D \in \Delta} L_D$ [il est plus large que le prolongement méromorphe de Krasner, *loc. cit.*, dans ([1])].

Pour chaque $D \in \Delta$, il est aisé de former une fonction qui n'est pas prolongeable à un $D' \in \Delta$, $D' \underset{\neq}{\supset} D$. Une fonction $f \in L_D$ est évidemment développable en série de Taylor (resp. Laurent) dans toute boule $|x - a| < t$ (resp. toute couronne $s < |x - a| < t$) contenue dans D.

Dans un autre ordre d'idées, supposons K formellement complexe (*archimédien ou non*), les considérations qui permettent de démontrer le lemme de la Note précédente, fournissent aussi des résultats de convergence de polynomes d'interpolation en x ou en x et x^{-1}, vers une fonction définie par une série de Taylor ou de Laurent. Supposons en particulier que dans K, $x^n - 1$ ait n zéros dans K $\left(\text{que nous noterons } e^{2i\pi\frac{m}{n}}\right)$ pour une infinité de valeurs de l'entier $n > 0$ avec $|n| \geq 1$. Posons

$$\int_{|x|=|\lambda|} f(x) = \lim_{n \to \infty}\left(\frac{1}{n}\sum_{m}\left(xf(x)\right)x = \lambda e^{2i\pi\frac{m}{n}}\right)$$

si $f=\sum_{-\infty}^{+\infty} a_h x^h$ converge dans $s<|x|<t$ avec $s<|\lambda|<t$, ces propriétés d'interpolation montrent que l'intégrale est égale à a_{-1}. Elle a donc les propriétés usuelles de l'*intégrale de Cauchy*. Elle se réduit d'ailleurs à celle-ci si K est archimédien et pour K non archimédien elle est analogue à l'intégrale définie par *Schnirelmann, loc. cit.* dans ([1]) pour K algébriquement fermé. On peut d'ailleurs généraliser cette *intégrale de Cauchy* à un corps formellement complexe quelconque.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la détermination de l'âge des essaims météoriques.* Note de M. **Miroslav Plavec**, présentée par M. André Danjon.

Le mouvement des météores dans le système solaire dépend principalement de l'attraction newtonienne du Soleil, mais il faut considérer aussi l'effet dynamique de la radiation solaire, surtout l'effet Poynting-Robertson. J'ai étudié ce problème, mais entre temps MM. Whipple et Wyatt ont publié les résultats de leurs recherches ([1]). Ils ont trouvé que les petites particules se séparent des plus grandes, et au moyen de cette inégale distribution dans l'essaim météorique ils ont essayé de déterminer l'âge des essaims. Mais ils ont réussi à déterminer seulement la limite supérieure de cet âge.

J'ai conduit mes recherches par une autre voie. D'après Robertson ([2]) on peut décomposer l'effet dynamique de la radiation solaire en trois composantes que j'ai traitées comme celles de la force perturbatrice : R (la composante radiale), S (composante tangentielle) et W (composante orthogonale). Sous l'hypothèse qu'il s'agit des particules sphériques qui absorbent parfaitement la radiation solaire et l'émettent isotropiquement, ces composantes sont

$$R=\frac{h}{\alpha\rho r^2}\left(c-2\frac{dr}{dt}\right),\qquad S=-\frac{h}{\alpha\rho r}\frac{dv}{dt},\qquad W=0,$$

où α et ρ signifient le demi-diamètre et la densité de la particule, r sa distance au Soleil, v l'anomalie vraie dans son orbite, c la vitesse de la lumière et t le temps. La valeur h est donnée par la relation $h=3K/4c^2$, K étant la constante solaire. Les composantes de la force perturbatrice sont exprimées en unités astronomiques. Mais, les dimensions des particules étant très petites, nous exprimons α et ρ dans le système C. G. S. En ce cas, la valeur numérique de la constante est $h=9,732.10^{-11}$. L'attraction mutuelle des météores est négligeable; elle sera étudiée ultérieurement.

Après avoir effectué l'intégration des équations pour les variations des

([1]) F. L. Whipple et S. Wyatt, *The Poynting-Robertson effect on meteor orbits* (*Astrophysical Journal*, vol. 101, january, 1950).

([2]) *Dynamical effects of radiation*, M. N., 97, 1937, p. 423.

éléments, j'ai obtenu pour les changements pendant une période de la révolution.

$$\Delta a = \frac{-2\pi h a}{\alpha\rho\sqrt{\mu' p}}\,\frac{2+3e^2}{1-e^2}, \qquad \Delta e = \frac{-5\pi h e}{\alpha\rho\sqrt{\mu' p}}, \qquad \text{où} \quad \mu' = \mu - \frac{hc}{\alpha\rho}.$$

Ici les lettres a, e et p signifient le demi-grand axe, l'excentricité et le paramètre de l'orbite respectivement. La valeur μ désigne la constante bien connue de Gauss; le second terme de μ' représente la correction pour la pression de lumière.

Ces formules sont en accord avec celles obtenues autrement par Robertson ([2]) et Whipple ([1]). Ainsi j'ai calculé les demi-grands axes et les excentricités pour les météores des différentes dimensions comme fonctions du temps, dans certains essaims. Puis, j'ai déterminé les distances minima de la Terre d, dans leurs orbites, par une méthode nouvelle ([3]). Considérons par exemple les résultats pour l'essaim des Perséides; les demi-grands axes diminuant, les distances d deviennent :

Age de l'essaim (ans).	Demi-diamètre de la particule et la magnitude observée correspondante.		
	1^{cm} (-2^m).	$0^{cm},1$ (5^m).	$0^{cm},01$ (13^m).
12 000	0,0047 U. A.	0,0047	0,0006
120 000	0,0047	0,0006	−0,0450
1 100 000	0,0006	−0,0450	−0,25

Le signe moins correspond au cas où les météores se trouvent à l'intérieur de l'orbite terrestre.

On voit que, pour un certain âge de l'essaim, à partir d'une certaine dimension des particules, leur diamètre diminuant, leur distance minima à la Terre croît considérablement; il est évident qu'un petit nombre des météores faibles peut rencontrer encore la Terre. Cela se manifeste, dans le graphique du nombre des météores selon leur magnitude observée, par un crochet de la courbe.

Ces crochets ont été effectivement découverts par M. Fletcher Watson ([4]), d'après les observations des Perséides et des Léonides, dès 1934. Pareillement M. Kresák ([5]) a trouvé un crochet analogue pour les Orionides. Le phénomène du crochet se trouve donc, par ce qui précède, pour la première fois théoriquement expliqué.

D'après la position du crochet on peut déterminer l'âge de l'essaim. Après

([3]) M. Plavec, *On predicting the activity of a meteor shower* [*Bull. Astr. Obs. of Czechoslovakia*, vol. II, n° 3 (sous presse)].

([4]) *Luminosity function of the Giacobinid meteors* (*Harvard Bull.*, 895, p. 9).

([5]) *Thèse de doctorat*, 1950.

avoir corrigé les magnitudes des météores pour l'influence de la vitesse, j'ai obtenu pour les essaims suivants :

Perséides.....................	5.10^5 années au minimum	
Léonides.....................	3.10^5 »	
Giacobinides.....................	5.10^3 » au maximum	

Pour les Giacobinides la limite supérieure est déduite du fait que le crochet n'existe pas même pour la 8ᵉ magnitude. La discussion détaillée du problème paraîtra dans un autre Mémoire.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Observations ionosphériques en Terre Adélie.* Note de MM. **Michel Barre** et **Karl Rawer**, présentée par M. André Danjon.

Au cours de sa campagne 1949-50 le *Commandant Charcot* a procédé à des sondages ionosphériques. Les sondages effectués dans l'antarctique ont présenté de fréquentes anomalies. Un certain nombre d'entre elles sont discutées sur une série correspondant à 24 heures d'enregistrement.

Au cours de sa dernière campagne (octobre 1949-juin 1950), le *Commandant Charcot* disposait d'un sondeur ionosphérique construit par le Service de Prévision Ionosphérique Militaire. Plus de 3000 sondages furent effectués au cours de la croisière dont un millier dans les eaux antarctiques.

Ces derniers présentent un grand intérêt pour la connaissance de l'ionosphère, le sondeur du *Commandant Charcot* étant le premier sondeur ayant fonctionné au delà du cercle polaire antarctique dans le secteur du pôle magnétique Sud.

Pratiquement tous les sondages effectués à plus de 50° de latitude Sud ont présenté une physionomie inhabituelle. Une classification des anomalies observées sera publiée ultérieurement. Il a paru néanmoins intéressant de discuter dès maintenant une série typique de ces enregistrements montrant l'évolution des couches au cours d'une journée. Cette série correspond aux sondages effectués toutes les heures entre le 3 janvier à 9^h TU et le 4 janvier à 8^h TU. Elle a été choisie parce qu'elle contient des exemples d'anomalies diverses. Seul le sondage de 1^h TU manque, un radiosondage météorologique ayant nécessité une interruption dans le fonctionnement du sondeur.

L'heure locale se déduit de l'heure TU par addition de 9^h35^m. On peut relever sur ces sondages, qui seront reproduits dans une publication plus étendue :

1° Une couche E sporadique donnant des échos à des fréquences élevées (10 MHz à 9^h).

2° Une fréquente stratification de la couche E sporadique (10^h, 13^h, 14^h, 15^h, 16^h, 17^h, 18^h, 19^h).

3° Un accroissement de la hauteur de la couche E sporadique avec la fréquence (22h, 23h).

4° Une diffusion permanente de la couche F allant jusqu'à donner à la trace entière une apparence nuageuse (16h, 17h, 18h, 19h).

5° Une extension de la diffusion de la couche F vers les fréquences élevées donnant à la largeur de cette diffusion une valeur très grande aux environs des fréquences critiques (exemples : sondages de 16h et de 21h fournissant une largeur de la zone de diffusion d'environ 4 MHz).

6h Des traces horizontales rappelant les caractérisques de la couche E sporadique, mais à des hauteurs de 250 à 800km (16h, 18h, 19h, 20h, 6h, 8h).

7° Une absorption sélective aux environs de 3,5 MHz supprimant toute trace de couche (22h, 23h).

8° Une apparence confuse rendant difficile l'interprétation physique des couches (5h, 6h, 7h).

9° La physionomie en forme de coupe du sondage de 3h qui est celle que l'on relève le plus souvent dans les sondages du milieu du jour lors de la présence de la couche F_1.

OPTIQUE. — *Diffusion de la lumière (effet Rayleigh) par les solutions de molécules ou d'ions anisotropes.* Note (*) de M. **Robert Lochet**, transmise par M. Jean Cabannes.

I. Dans un gaz, l'intensité de la diffusion polarisée due aux fluctuations de densité et celle de la diffusion dépolarisée due aux fluctuations d'orientation des molécules anisotropes sont proportionnelles au nombre de molécules par centimètre cube; aussi peut-on déduire l'anisotropie moléculaire, $\delta_0 = (g - g')/(g + 2g')$ (g et g', réfractivités principales) de la seule mesure du facteur de dépolarisation. Dans un liquide, la diffusion isotrope n'augmente pas avec le nombre des molécules par centimètre cube, mais on a vérifié qu'elle obéit à la formule d'Einstein-Smoluchowski : si l'on connaît le coefficient de compressibilité isotherme on peut déduire le carré δ^2 de l'anisotropie du liquide de la seule mesure du facteur de dépolarisation. On vérifie qu'en général $\delta^2 \ll \delta_0^2$.

II. Considérons maintenant une solution aqueuse d'un électrolyte fort renfermant des ions anisotropes, par exemple un nitrate. La seule mesure du facteur de dépolarisation ne suffit pas pour déterminer l'intensité de la diffusion anisotrope et par suite l'anisotropie de l'ion NO_3^- : nous avons montré en effet que l'intensité diffusée, due aux fluctuations de concentration, ne vérifie

(*) Séance du 31 juillet 1950.

pas les formules théoriques comme celle de Debye par exemple, qui n'est qu'une application aux solutions étendues de la formule d'Einstein relative aux mélanges binaires ([1]). Il faut donc déterminer expérimentalement l'accroissement de la constante de Lord Rayleigh lorsqu'on passe du solvant à la solution. Si l'on éclaire successivement en lumière naturelle puis en lumière polarisée, on peut éviter la mesure du facteur de dépolarisation.

La différence $2N-P$ entre les intensités diffusées dans l'un et l'autre cas n'est pas nulle s'il y a des ions anisotropes. Elle est proportionnelle à $(g-g')^2$ et au nombre n d'ions par centimètre cube.

$$(1) \qquad 2N-P=\frac{32\pi^4}{15\lambda^4}\left(\frac{\mu^2+2}{3}\right)^2(g-g')^2 n$$

(μ : indice de la solution) ([2]). D'autre part, la réfraction ionique R_i, bien connue par les mesures d'indices des solutions étendues, permet de calculer $g+2g'$.

$$(2) \qquad R_i=\frac{4\pi}{3}N_1\frac{g+2g'}{3}$$

(N_1 : nombre d'Avogadro). Des équations (1) et (2) on tire

$$(3) \qquad \delta^2=\frac{5}{6\pi^2}\frac{\lambda^4 N_1}{(\mu^2+2)^2 R_i^2}\frac{2N-P}{c_i}$$

(c_i : nombre d'ion-grammes de NO_3^- par centimètre cube). Si, le solvant restant isotrope, le soluté n'est pas ionisé, on introduira dans la formule (3) la concentration et la réfraction moléculaires.

III. Vérifications expérimentales. — *a. Nitrobenzène.* — La mesure de $2N-P$ sur une solution étendue de nitrobenzène dans le tétrachlorure de carbone nous a conduit à une valeur $\delta^2=52.10^{-3}$ très voisine de celle $\delta_0^2=54.10^{-3}$ mesurée sur la vapeur et différente de celle relative au liquide, 38.10^{-3}.

b. Ion NO_3^-. — L'étude de solutions aqueuses d'acide nitrique et de nitrates (Na, NH_4, Ca, Cd) de concentrations voisines de 0,2 conduit à des valeurs concordantes $\delta^2=80.10^{-3}$, pour l'anisotropie optique de l'ion NO_3^- en solution. *Cette anisotropie est bien plus forte que celle des ions* NO_3^- *d'un cristal de nitrate de sodium.* A partir des indices ordinaire et extraordinaire on peut en effet calculer deux réfractions moléculaires pour la *pseudo-molécule* NO_3Na,

---

([1]) R. Lochet, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2275.

([2]) Cette formule n'est rigoureuse que si les molécules du solvant sont isotropes. Dans le cas de l'eau, dont les molécules sont très légèrement anisotropes à *l'état liquide*, cette formule reste valable pour les solutions étendues d'ions anisotropes, tant que la diminution du nombre de molécules d'eau par centimètre cube ne modifie pas sensiblement la diffusion anisotrope de la solution.

$R_0 = 12,58$, et $R_e = 7,75$. En retranchant la réfraction ionique du Na, soit 0,74, on calcule les réfractions ioniques principales de l'ion, 11,84 et 7,01, et enfin le carré de l'anisotropie $\delta^2 = 24.10^{-3}$.

L'origine de cette forte diminution de l'anisotropie quand on passe de la solution au cristal doit être rattachée au phénomène beaucoup plus général de l'abaissement de la réfraction ionique des anions très déformables au contact des cations petits ou fortement chargés ([3]). Cet effet est d'autant plus marqué que la réfractivité de l'anion est plus élevée ; il va donc se traduire par une diminution de la différence des réfractivités $g - g'$ de l'ion NO_3^- sous l'action des cations Na^+.

c. L'étude des solutions de carbonate de potassium, de chlorate et de bromate de sodium nous a conduit à des valeurs de δ^2 respectivement égales à 75.10^{-3} pour l'ion CO_3^{--} (peu différente de celle de l'ion NO_3^-) et à 15.10^{-3} pour les ions ClO_3^- et BrO_3^-, moins anisotropes que les précédents à cause de leur forme pyramidale.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la traduction en méthode des orbites moléculaires des liens électroniques entre atomes non contigus.* Note (*) de M. **Alexandre Laforgue**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous examinerons un cas typique : les orbites π recouvrent un squelette formé d'un atome X de configuration électronique sp^2 lié à $t \leqq 3$ atomes Y aux sommets du triangle. Cette structure, importante en elle-même ([1]), est aussi un schéma de l'influence d'un hétéro-atome ([2]).

La distance des atomes Y est un multiple $\sqrt{3}$ de celle de X à Y. L'intégrale interatomique λ sera fraction approximativement constante de celle β de XY, car s'il n'existe pas pour une telle expression une fonction de la distance R indépendante des atomes, on peut pourtant en choisir une fixant l'ordre de grandeur. La loi en R^{-3} possède une justification semi-théorique ([2]), s'accorde en moyenne à 10 % avec notre approximation en fonction des seuls nombres quantiques principaux ([1]) et mieux encore avec le calcul rigoureux du benzène ([3]). Elle fournit $\lambda = 0,2\,\beta$. De même, il existera une intégrale de recouvrement lointain $L = 0,2$ S.

Application de la méthode L. C. A. O. sans recouvrement. — A δ intégrale du sommet X diminuée de celle α du sommet Y, nous joindrons deux paramètres

([3]) *Voir* par exemple, J. Errera, *Polarisation diélectrique* (Presses Universitaires de France, Paris, 1928, p. 140).

(*) Séance du 31 juillet 1950.

([1]) Laforgue et Laforgue-Kantzer, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 175.

([2]) A paraître.

([3]) Mulliken, *J. chim. phys.*, 46, 1949, p. 675.

de liaison au lieu (¹) d'un. Nous déduirons de chaque équation séculaire l'énergie des t paires d'électrons π

$$W = 2t\alpha + \delta + \{\delta^2 + 4t\beta^2\}^{\frac{1}{2}},$$
$$W^* = 2t\alpha + \delta^* - (t-1)\lambda^* + \{[\delta - (t-1)\lambda^*]^2 + 4tp^{*2}\}^{\frac{1}{2}}.$$

Elles peuvent être identifiées en posant

$$\delta = \delta^* - (t-1)\lambda^*, \qquad \beta = \beta^* \quad \text{(substitution A)}.$$

Dans les diagrammes, aux deux anciennes grandeurs fonctions de $x = \delta/\beta$

$$q = \frac{\partial W}{\partial \delta} = 1 + x(x^2 + 4t)^{-\frac{1}{2}}, \qquad p = 0{,}5t^{-1}\frac{\partial W}{\partial p} = 2(x^2 + 4t)^{-\frac{1}{2}},$$

correspondent trois nouvelles grandeurs exprimables à partir du changement de variable (A)

$$q^* = \frac{\partial W^*}{\partial \delta^*} = \frac{\partial W^*}{\partial \delta}, \qquad p^* = \frac{1}{2t}\frac{\partial W^*}{\partial p^*} = \frac{1}{2t}\frac{\partial W^*}{\partial p}, \qquad \delta^* = \frac{0{,}2}{2t}\frac{\partial W^*}{\partial \lambda^*} = -\frac{t-1}{5t}q,$$

p^* et q^* s'obtiennent en faisant dans p et q la substitution (A) qu'on mettra sous la forme $x = x^* - 0{,}2(t-1)$.

Résultats. — *a.* Les interactions des atomes Y sont traduites, dans le mode de calcul à deux paramètres, par la diminution de l'intégrale de sommet X de 0,2 ou 0,4 unité β selon son type (⁴).

On voit que les lignes d'action YY utilisant des électrons à la périphérie ont même effet qu'une diminution d'électronégativité de x les retenant moins au centre.

b. Le classement donné (¹) pour les XY^3 n'est pas modifié.

c. Exemple de nouveau diagramme. Pour $t = 2$ $\delta^* = 0$ (c'est sans doute la configuration de l'ozone), la charge $q = 1$ sur X est remplacée $q = 1 - 0{,}07$, laissant prévoir un moment dipolaire dirigé vers la pointe de la molécule (⁴); l'ordre de la liaison XY, $p = 0{,}707$ remplacé par $p^* = 0{,}705$, variation peu importante.

d. Il apparaît un indice de liaison lointaine o^* négatif, car la répulsion des atomes Y diminue l'énergie.

Application de la méthode L. C. A. O. avec recouvrement. — En modifiant l'équation séculaire, nous exprimons l'énergie en fonction de trois paramètres $W'(\alpha'\beta'S')$. La substitution (A) conduit à une expression à quatre paramètres $W^0(S^0, \beta^0, \lambda^0, s^0)$ qui diffère de l'expression obtenue à partir de l'équation séculaire avec cinq paramètres $W^*(\delta^*, \beta^*, \lambda^*, S^*, L^*)$. Par identifi-

(⁴) Corrections de sens opposé mais plus forte que celle qui résulte de l'effet de valence libre (*Cf. Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1234); les moments dipolaires sont également opposés à ceux qui résultent du recouvrement (2).

cation on peut incorporer les corrections à deux paramètres seulement, par exemple λ^0 et S^0. On trouve s^0 considérablement plus petit que S^0 (ce qui est une nouvelle explication de la réussite des méthodes sans recouvrement), alors que λ^0 peut valoir plusieurs fois λ^*, la correction sur δ^* étant multipliée d'autant.

Les diagrammes, qui d'ailleurs dépendent de définitions non encore unifiées, subiront des modifications accentuant les précédentes.

Généralisation à un système complexe. — *a.* On peut incorporer, pour la construction des diagrammes, les actions lointaines à un système de paramètres qui les néglige en apparence. Les électronégativités semblent diminuées ([4]) pour les atomes de type 2 ou 3. Nous présumons que les β des liaisons vraies seront affaiblis par une liaison longue parallèle.

b. Les présentes corrections ont été omises dans des calculs vérifiés par l'expérience : ou bien les prévisions expérimentales ne sont pas modifiées, ou bien on pourra passer des anciens paramètres considérés comme empiriques aux intégrales exactes par les formules de retour.

c. Les charges sont plus perturbées que les ordres. Un carbure alternant est polarisé des sommets de type faible vers ceux de type élevé.

d. Les indices de liaison lointaine introduits sont négatifs. Les valences liées sont abaissées. Le maximum absolu de la valence liée subsiste ([5]).

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de l'hydratation des liants hydrauliques par la diffraction électronique.* Note de MM. **Henri Lafuma**, **René Lecuir** et **Henry Bilde**, présentée par M. Paul Pascal.

Nous avons pensé que la diffraction des électrons pouvait permettre d'étudier directement l'hydratation superficielle des grains de ciments par l'eau, le phénomène n'étant pas perturbé par le cœur anhydre des grains comme dans la diffraction des rayons X.

La diffraction des électrons permet de reconnaître l'état amorphe ou cristallin des composés se formant en surface et, pour les hydrates cristallins, de déterminer leur réseau, comme par les rayons X; en même temps, d'avoir une idée approximative de leurs dimensions.

La méthode est extrêmement sensible et l'on peut reconnaître, dans le ciment industriel initial, dont l'éventement est chimiquement insensible,

---

([5]) On peut donc avec les nouveaux paramètres définir les valences libres

$$L^* = \sqrt{3} - \Sigma p^*, \qquad \mathcal{L}^* = \sqrt{3} - \Sigma p^* - \Sigma o^*.$$

Cf. R. Daudel, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 807, pour un point de vue analogue en mésomérie.

la présence en surface de nombreux grains, d'hydrate de chaux (diagramme 1). Dans l'hydratation du ciment, il faut éviter avec le plus grand soin la présence d'acide carbonique, sinon on observe surtout le spectre très net du carbonate (diagramme 2).

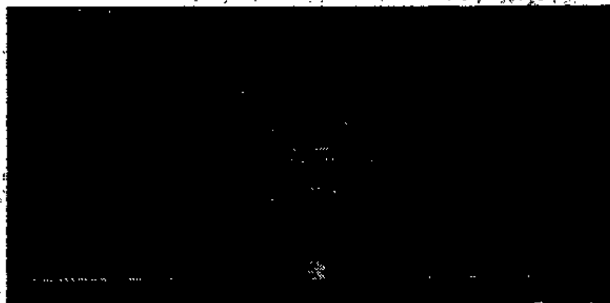


Diagramme 1.



Diagramme 2.

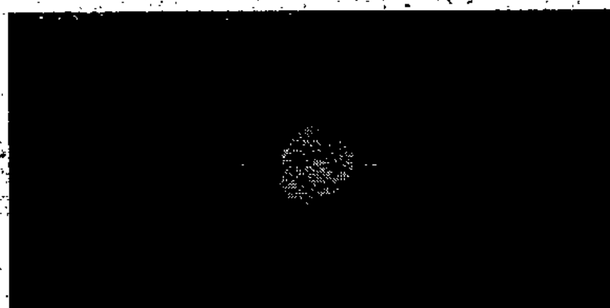


Diagramme 3.



Diagramme 4.

L'étude de l'hydratation superficielle des grains d'un ciment siliceux industriel a été faite par deux méthodes différentes : l'une utilise le mouillage par capillarité d'une pastille de grains anhydres et la surface obtenue est examinée par réflexion; l'autre correspond à l'hydratation de la poudre dispersée dans un excès d'eau; la poudre recueillie sur une grille est examinée par transmission. Les deux techniques permettent de faire des observations similaires : il est nécessaire de multiplier les clichés pour obtenir une représentation d'ordre statistique des surfaces elles-mêmes.

Nous avons pu constater une transformation superficielle de la poudre du ciment siliceux initial après moins de cinq minutes de contact avec l'eau. Cette transformation se traduit, dans le cas particulier envisagé, par l'apparition pratiquement simultanée de 3 spectres différents en plus du spectre fréquent de l'hydrate de chaux.

Le premier est caractérisé par des anneaux flous correspondant à un corps cristallisé, les dimensions des cristaux de l'ordre de 35 à 40 Å (diagramme 3).

En d'autres points de la même surface, ces anneaux sont remplacés par des raies plus nettes correspondant probablement au même constituant en cristaux de 150 Å environ (diagramme 4). Les raies les plus intenses de ce diagramme correspondent à des distances interréticulaires de 3,03, 1,92 et 1,43 Å.

En outre, en d'autres points de la même surface, on observe l'apparition

d'un troisième spectre différent des précédents : il correspond à des cristaux dont les dimensions sont dans l'ordre de 400 Å (diagramme 5). Les raies les

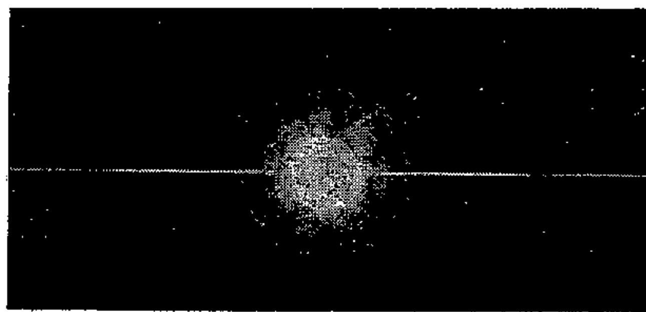


Diagramme 5.

plus intenses de ce diagramme correspondent à des distances interréticulaires de 3,90, 2,85 et 2,67 Å environ.

Une étude plus complète permettra de préciser la nature des corps formés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'hydrolyse de l'amidon par l'acide chlorhydrique.* Note (*) de MM. **Alfred Leman** et **Pierre Didry**, transmise par M. Marcel Delépine.

Le dosage de l'amidon par hydrolyse acide est classique ([1]). Nous avons étudié les conditions qui permettent le maximum de précision dans l'hydrolyse par ClH.

Nous avons choisi comme matière première un amidon de riz de Saïgon neutre, fabriqué par voie alcaline, dont on a éliminé totalement la cellulose par voie physique, et en grande partie les matières azotées par voie chimique. Il contient 0,57 % de cendres, 0,46 % de matières azotées, 15 % d'humidité et sensiblement 84 % d'amidon pur.

Tous nos essais ont été réalisés en plongeant dans un bain-marie bouillant un ballon surmonté d'un tube de 1^{m}, et renfermant $0,01^{mol}$ du constituant anhydroglucose ($C_6H_{10}O_5$) délayé dans un volume déterminé de solution titrée de ClH; on agite fréquemment et régulièrement. Sur le produit de l'hydrolyse nous dosons les sucres réducteurs d'après une méthode dérivée de celle de Bertrand : ébullition de 5 minutes avec la liqueur cuivrique et filtration de OCu_2 sur verre fritté. On dose ainsi non seulement le glucose, mais, dans le cas d'hydrolyse partielle, le maltose, des dextrines réductrices, etc. Nous calculons le pouvoir réducteur en glucose et, par suite, un *taux d'hydrolyse* par rapport au glucose théorique. Sur les taux obtenus une erreur absolue de 4 à 5 % est possible, surtout entre 10 et 90 %; de plus ces taux peuvent varier légèrement

---

(*) Séance du 7 août 1950.

([1]) *Cf.* Caron-Raquet, *Analyse chimique quantitative*, Paris, 1947, p. 264-265.

avec la température du bain-marie bouillant : dans chaque série les essais, réalisés à température sensiblement constante, peuvent être comparés.

Nous avons d'abord étudié l'influence de *la concentration de l'acide* en chauffant avec 50$^{cm^3}$ de liqueur titrée pendant une heure. Le pH initial, en présence d'amidon, a été mesuré par méthode potentiométrique avec électrode de verre et électrode témoin au calomel. Après 6 minutes de chauffage l'amidon est disparu, la solution est légèrement opalescente, puis elle se clarifie tandis qu'apparaît un très léger dépôt. A la fin de la réaction, la solution est incolore quand ClH est inférieur à 1,5 N, colorée en jaune clair avec 1,5 N, jaune d'or avec 2 N, brune avec 5 N ; avec 10 N il y a formation d'un dépôt noirâtre.

Acidité (N).....	0,02.	0,06.	0,1.	0,2.	0,4.	0,6.	0,8.	1.	1,5.	2.	5.	10.
pH initial	–	–	–	0,87	0,52	0,34	0,21	0,11	–	0	–	–
Taux d'hydrolyse.	1	11	19	40	67	85	95	97	94	89	84	9

Le taux d'hydrolyse est très faible avec ClH très dilué ; il croît régulièrement avec le titre jusqu'à un maximum de 97 % avec ClH N, puis décroît plus ou moins rapidement par suite de l'attaque du glucose formé, à cause de l'acidité trop forte.

Nous avons ensuite cherché à résoudre la question suivante : l'acide intervient-il par son titre, par le pH, ou par sa quantité, c'est-à-dire par *le volume de réactif en présence?* Avec ClH 0,2 ou 1 N, un volume trop faible, 10$^{cm^3}$, diminue fortement le taux : 35 % avec ClH 0,2 N, au lieu de 45 % avec 20 à 40$^{cm^3}$, 46 % avec 60$^{cm^3}$ et 47 % avec 80 ou 100$^{cm^3}$. C'est donc le titre de l'acide qui importe et non le volume, pourvu qu'il égale au moins 20$^{cm^3}$ pour 0^{mol},01 d'amidon.

Ces divers résultats nous ont amenés à limiter l'étude de l'influence de *la durée de réaction* à 50$^{cm^3}$ d'acide titrant 0,2 à 1 N. Voici quelques résultats :

Durée (minutes).....		4.	10.	16.	20.	30.	40.	50.	60.	75.	90.	120.	150.	180.	240.
Acidité (N)	0,2...	0	3	9	12	22	29	39	48	55	65	82	84	89	90
	0,4...	2	12	23	32	49	62	73	78	85	90	95	96	97	99
	0,5...	–	17	–	42	62	76	83	90	95	94	94	98	99	–
	1.....	6	38	67	80	90	96	100	98	96	96	96	96	96	–

Il y a donc une période de mise en route de l'hydrolyse de l'amidon correspondant aux *coupures préliminaires de la molécule d'amidon* en amidon soluble, dextrines, etc. Cette période est d'autant plus longue que le titre de l'acide est plus faible. Nous l'avons déterminé approximativement par les *colorations à l'iode :* après huit minutes de chauffage (y compris trois minutes pour l'échauffement du ballon à la température du bain-marie), l'iode donne une coloration bleu violet foncé avec 0,2 N, violet avec 0,4 N, lie de vin avec 0,5 N et rose très pâle avec N ; l'iode ne donne plus de coloration après dix minutes

avec N, et seize minutes avec 0,5 N, tandis qu'après seize minutes il donne encore une coloration jaune clair avec 0,4 N et violet pourpre avec 0,2 N.

Après cette période préliminaire *la vitesse d'hydrolyse en glucose* décroît assez régulièrement. Pour une même durée de réaction les taux sont d'autant plus élevés que le titre est plus fort. Nous avons obtenu *la transformation intégrale en glucose* en cinquante minutes avec ClH N; ensuite le taux décroît légèrement pour se fixer à un palier de 96 %.

Avec ClH 0,5 N nous obtenons un palier d'environ 95 % entre une heure et quart et deux heures, puis un maximum d'environ 98,5 % après deux heures et demie. Avec ClH 0,4 N le taux est de 95 % en deux heures et 99 % en quatre heures. Avec ClH 0,2 N nous obtenons un palier de 90 % entre trois et quatre heures de réaction.

Conclusions. — 1° Avant sa transformation en glucose la coupure de la molécule d'amidon en produits intermédiaires non réducteurs se fait plus rapidement quand l'acide est plus concentré.

2° Le titre idéal de l'acide pour une conversion totale et assez rapide en glucose est au voisinage de la normalité.

3° Le volume d'acide importe assez peu pourvu qu'il égale au moins 20^{cm^3} pour $0^{mol.},01$ d'amidon.

4° Pour une même quantité d'acide l'hydrolyse est beaucoup plus avancée quand on l'utilise plus concentré, sans dépasser la normalité.

5° L'hydrolyse pratiquement totale dans le bain-marie bouillant demande environ cinquante minutes avec ClH N, deux heures et demie avec 0,5 N, quatre heures avec 0,4 N; avec 0,1 N le taux n'est que de 90 % en trois heures.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Isolement de l'acide néoabiétique à partir de la colophane de pin d'Alep et composition du soi-disant acide dextrosapinique.* Note (*) de MM. **Jean-Marie Frey** et **René Lombard**, transmise par M. Marcel Delépine.

Harris et Sanderson ont isolé en 1948 (¹) un nouvel acide résinique, l'acide néoabiétique, à partir de la colophane provenant de *Pinus Palustris*; nous avons extrait le même acide de la colophane de *Pinus Halepensis* par une méthode sensiblement différente. Nous montrons en outre que l'acide dextrosapinique décrit par l'un de nous (²) est un mélange d'acide abiétique et d'acide néoabiétique.

Notre matière première de départ a été une colophane de pin d'Alep de grade moyen à peu près exempte d'acides lévopimarique et dextropimarique, de pouvoir rotatoire $[\alpha]_j = -16°$ (³). Nous l'avons cristallisée dans l'acétone

(*) Séance du 7 août 1950.

(¹) *Jour. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 334.

(²) Lombard, *Comptes rendus*, 219, 1944, p. 587 et *Bull. Soc. Chim.*, 1946, M, p. 109.

(³) Fournie par les Établissements Brémond à Septèmes-les-Vallons (Bouches-du-Rhône).

pour la débarrasser de ses produits d'oxydation (500g de colophane, 300cm³ d'acétone) et nous avons obtenu avec un rendement de 72 % un mélange (A) d'acides résiniques de pouvoir rotatoire $[\alpha]_j = -20°$.

Reprenant partiellement la méthode de Harris et Sanderson ([1]) nous avons traité 250g de (A) par 58g de diéthylamine anhydre dans 550cm³ d'acétone en refroidissant, car la réaction est assez violente, et nous avons laissé reposer le tout deux jours à la température du laboratoire, ce qui a favorisé la séparation; les 240g de fines aiguilles blanches obtenues ($[\alpha]_j = -10°$) ont été recristallisées cinq fois dans l'acétone : leur pouvoir rotatoire atteint $[\alpha]_j = +4°$; ce traitement, bien que n'entraînant qu'une faible variation de pouvoir rotatoire, s'est avéré nécessaire pour la suite.

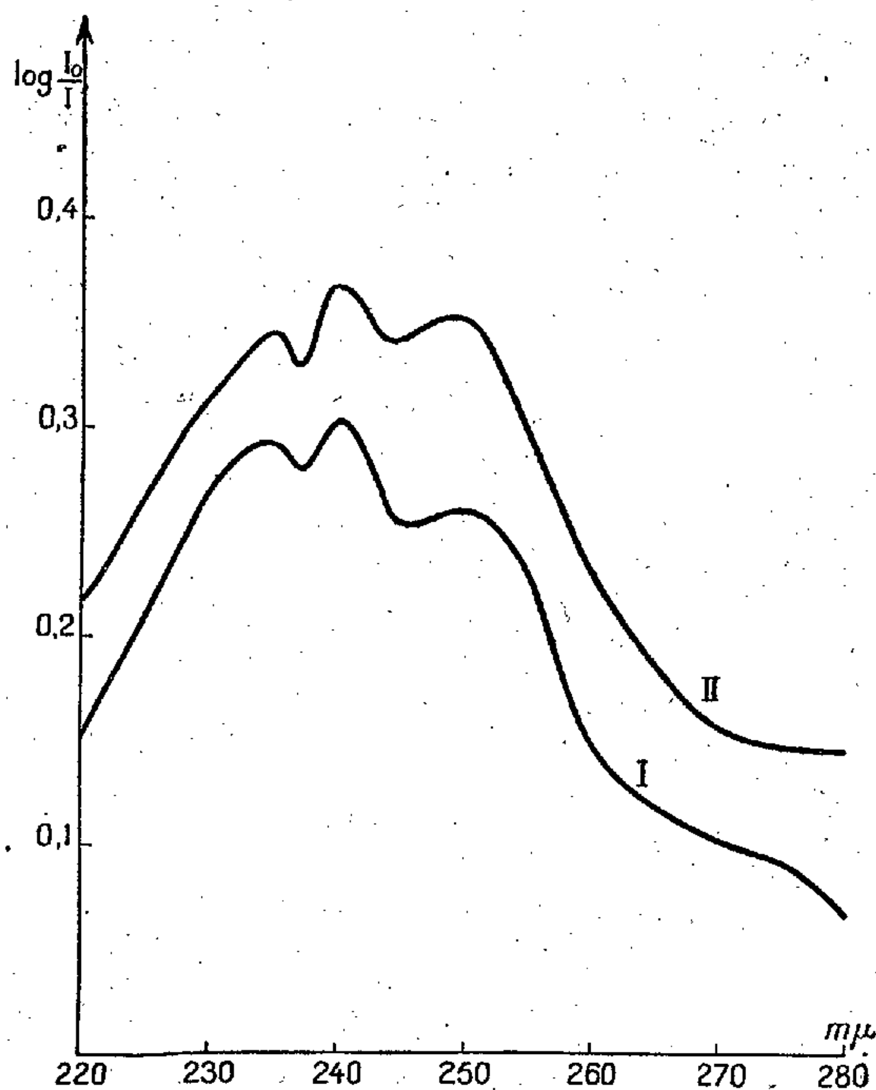
Du sel de diéthylamine cristallisé on régénère, par action de l'acide acétique en solution hydroalcoolique, 80g d'un mélange (B) de pouvoir rotatoire $[\alpha]_j = +2°$ qu'on traite, après séchage, par 35g de diéthylamino-1 propanol-3 (Rhône-Poulenc) dans 125cm³ d'acétone en refroidissant : cette amine tertiaire donne un néoabiétate bien cristallisé et relativement soluble dans l'acétone et un abiétate également bien cristallisé et très peu soluble dans l'acétone ([4]). Le précipité ($[\alpha]_j = -38°$) obtenu après un repos de trois jours à 0° représente 43 % de l'acide (B) et contient la majeure partie de l'acide abiétique présent dans (B). Le produit est filtré et les eaux mères, riches en néoabiétate, sont concentrées par évaporation sous vide à la moitié de leur volume et, après un repos de quelques heures, se prennent en masse : l'essorage donne 11g de sel d'amine beaucoup plus fin que le premier et de pouvoir rotatoire $[\alpha]_j = +74°$; sa purification complète est réalisée par cristallisations successives dans l'acétone, le pouvoir rotatoire s'élevant de la façon suivante : $[\alpha]_j = +74°$, $+96°$, $+104°$, $+110°$, $+112°$ (limite).

2g,8 de ce sel (qui est du néoabiétate pur), de constantes F 103°, $[\alpha]_j = +112°$, sont dissous dans l'alcool et l'acide est régénéré par action de l'acide acétique en quantité stœchiométrique puis addition progressive d'eau; après une cristallisation dans un mélange hydroalcoolique (70° G. L.) on obtient l'acide néoabiétique cristallisé en fines aiguilles de constantes : $[\alpha]_j = +168°$, F 167-169°, maximum d'absorption de la lumière ultraviolette à 250mμ; ces constantes sont identiques à celles de l'acide néoabiétique décrit par Harris et Sanderson (*loc. cit.*); le point de fusion de notre produit mélangé à un échantillon pur ne subit pas de dépression; son isomérisation chlorhydrique conduit à l'acide abiétique ($[\alpha]_j = -86°$).

La courbe d'absorption de la lumière ultraviolette par l'acide (A) comporte trois maxima (*voir* la figure) : les maxima à 235mμ et 240mμ correspondent à

([4]) Un échantillon d'acide néoabiétique a permis d'étudier les propriétés de ses sels d'amine.

l'acide abiétique et le maximum à 250$^{m\mu}$ correspond à l'acide néoabiétique ([5]); cette courbe ne présente pas d'autre accident et nous sommes fondés à considérer l'acide (A) comme un mélange d'acide abiétique et d'acide néoabiétique.



Courbes d'absorption de la lumière ultraviolette par le mélange (A) de pouvoir rotatoire $[\alpha]_j = -20°$ (courbe I) et par l'acide dextrosapinique de pouvoir rotatoire $[\alpha]_j = +42°$ (courbe II). Ces spectres ont été établis sur des solutions alcooliques de concentration 15 mg/l avec une cuve de 1^{cm} d'épaisseur.

Nous avons également établi la courbe d'absorption du soi-disant acide dextrosapinique (*voir* figure) décrit par l'un de nous ([2]) et constaté que cet acide est également un mélange d'acide abiétique et d'acide néoabiétique.

GÉOLOGIE. — *Sur la chronologie de l'Aalénien-Bajocien du Jura suisse.* Note (*) de MM. **Pierre-L. Maubeuge** et **Fritz Lieb**, présentée par M. Paul Fallot.

De nombreux travaux de détail ou synthétiques sont parus jusqu'ici sur les terrains jurassiques de Suisse. Et pourtant il faut constater que les données stratigraphiques acquises sont encore imprécises; c'est ainsi qu'un schéma des

---

([5]) L'acide abiétique présente deux maxima respectivement à 235 et 240$^{m\mu}$ et l'acide néoabiétique un seul maximum, à 250$^{m\mu}$.

(*) Séance du 31 juillet 1950.

zones paléontologiques (Ammonites) n'existe même pas, valable pour l'ensemble du pays.

Nous avons repris l'étude du Jurassique suisse pour y chercher des divisions plus fines que celles admises présentement, utilisant donc la méthode de la chronologie hémérale.

Les études sur le terrain ont porté sur le Jura argovien, bâlois, soleurois et bernois; les collections examinées sont celles des Musées d'Histoire Naturelle de Bâle et de Liestal.

L'étude minutieuse des coupes classiques, ou nouvelles, avec récoltes de faunes et l'examen critique des seuls matériaux bien repérés stratigraphiquement nous ont fourni les résultats suivants.

La chronologie hémérale du Jura suisse peut actuellement s'exprimer comme il suit, dans un ordre descendant, du Bajocien supérieur à l'Aalénien moyen :

Bajocien : *Truellei* (?), *Parkinsoni*, *Garanti-Niortense*, *Blagdeni*, *Humphriesi*, *Sauzei-Polyschides*, *Laeviuscula*, *Sowerbyi*, *Discites*.

Aalénien : *Concava*, *Murchisonae*, *Staufensis* (?)-*costileioceras* sp. div., *Sinon*, *Costosum-scissum*, *opalinum*.

Des retouches de détail pourront peut-être être envisagées au terme de nouvelles recherches : distinction de nouvelles divisions par exemple. En ce qui concerne l'Aalénien moyen et inférieur, le schéma n'est pas encore établi.

Une riche faune, avec genres et espèces variés, se range dans ces différentes épiboles. Il est impossible de l'énumérer en entier. Elle sera étudiée et figurée ailleurs par l'un de nous (P. L. M.). Des espèces nouvelles et d'autres, réputées rares jusqu'ici, ont été trouvées. Comme formes remarquables, il est à citer dans l'ordre descendant (Les appellations stratigraphiques des géologues suisses sont entre guillemets) :

1° « Grober Oolithe » : *Parkinsonia Schlœbachi* Schl.; 2° « Humphriesi-Schichten » : *Strigites strigifer* Buckm., *Oppelina subradiata* Sow.; 3° « Sauzei-Schichten » : *Sonninia falcata* Qu., *Witchellia* (*Maceratites*) n. sp.; 4° « Sowerbyi-Schichten » : *a*. Zone à *læviuscula* : *Witch. spatiana* Buckm.; *b*. Zone à *Sowerbyi* : *Sonninia gingensis* Waag., *Docidoceras* n. sp., *Witchellia* n. sp.; *c*. Zone à *discites* : *Hyperlioceras* du groupe de *discites* Waag; 5° « Zone a concava » : *Ludwigella* aff. *concava* Sow., *Reynesella juncta* Buckm., *Paramnatoceras* n. sp., *Sonninia renoveta* Buckm., *Brasilia sublineata* Buckm., *Br. similis* Buckm., *Eudmetoceras amplectens* Buckm., *Euaptetoceras euaptetum* Buckm., *Euapt. infernense* Roman; 6° « Murchisonæ-Schichten » ; *a*. Sommet : *Rhæboceras tolutarium* Dum., *Pseudo-graphoceras deletum* Buckm.; *b*. Base : *Leioceras lineatum* Buckm., *Brasilia opalinoides* May., *Br. Baylei* Buckm., *Costileioceras* (n. gen.) *costatum* Buckm., *Cost. Sinon* Bayle, *Cost.* aff. *cotosum* Qu., *Cost. enode* Horn, *Cost. acutum* Qu., *Cost. helveticum* Horn., *Ludwigia obtusa* Qu., *Tmetoceras scissum* Ben., *Tm. Regleyi* Dum.; 7° « Opalinus-Tone » supérieures : *Ludw. crassa* Horn.

Il n'y a là qu'un faible aperçu de la faune qui est encore à l'étude. La publication des profils avec faunes en regard apportera des précisions sur la séquence des couches du Jurassique suisse.

Cette Note montre déjà qu'il est possible de faire dans ces séries des divisions plus fines que celles admises jusqu'ici.

En ce qui concerne la partie inférieure des « Marnes à *opalinum* » leur pauvreté en Ammonites, en Suisse, est un obstacle à leur étude détaillée. Toutefois, quelques récoltes sporadiques laissent prévoir que les termes inférieurs de l'Aalénien devront y être distingués comme l'a été au sommet de ces marnes un horizon à *scissum-costosum*, bien distinct de celui à *opalinum*. Les trouvailles de *Cotteswoldia crinita* Buckm., *Pleydellia* aff. *aalense* Ziet., *Walkericeras arcuata* Buckm., y datent bien, en effet, l'Aalénien inférieur.

On note dans la liste précédente un ensemble de formes de l'Aalénien supérieur, connues jusqu'ici en de rares gisements, notamment à San Vigilio, au Lac de Garde, à Csernye, dans les Monts Bakony, dans la vallée du Rhône, dans l'Atlas marocain et en Angleterre. Ces formes sont encore inconnues en partie dans le Bassin Parisien, par suite d'érosions jurassiques et de remaniements de couches.

GÉOLOGIE. — *Sur le Crétacé supérieur de la vallée du Sous (Sud marocain).* Note (*) de M. **Robert Ambroggi** et Mme **Éliane Basse**, présentée par M. Paul Fallot.

Le Crétacé supérieur a été découvert au Maroc en 1905 par A. Brives [1] qui recueillit, dans la région de Dar Caïd M'Tougui (synclinal de Mogador), *Texanites texanum* Roemer, Ammonite santonienne qui fut alors déposée dans la Collection du Service géologique d'Alger où elle ne figure plus; en 1928, Ed. Roch [2] fouilla sans succès le gisement découvert par Brives; depuis, aucune Ammonite sénonienne ne fut plus recueillie au Maroc.

L'un de nous (R. A.), étudiant récemment les formations du Crétacé supérieur de la base méridionale du Haut-Atlas, découvrit, en pays Mentaga, à 25^km, au Nord de Taroudant, trois gisements datés par des Ammonites, savoir :

1° *Aït Hammou* (Oued Erguita). — Sur la rive gauche de l'oued, en X = 165 000, Y = 412 000.

2° *Maison forestière des Mentaga.* — A l'embranchement des pistes automobiles, en X = 167 000, Y = 410 500.

3° *Tizi Tassoun N'R'Guita.* — Au col de la piste conduisant de Tamaloukt à Tanfecht, en X = 171 000, Y = 415 000.

(Coordonnées Feuille Ameskhoud, au 1/2 000 000.)

(*) Séance du 31 juillet 1950.

(1) *Comptes rendus*, **140**, 1905, p. 395-397.

(2) Études géol. au Maroc occidental. Notes et Mém. (*Serv. Mines et Carte Maroc*, 1930, p. 432).

La coupe des terrains crétacés montre, sur ce versant nord de la vallée du Sous, en une puissante succession, particulièrement typique au Tizi Tassoun N'R'Guita et dans l'Oued Erguita, les horizons suivants, de bas en haut :

1° Calcaires sublithographiques et grès à Astartes du Cénomano-Turonien	30 m
2° Marnes et marno-calcaires blanchâtres	30
3° Marnes gréseuses rouges et vertes gypsifères avec quelques niveaux à Huîtres	150
4° Calcaires marneux blanc-jaunâtres à Ammonites	1
5° Marno-calcaires à Cidaridés	3
6° Marnes blanches à grosses Huîtres	5
7° Marnes rouges, bleues et jaunes avec intercalations de gypse, de cargneules et de quelques bancs à Huîtres	100
8° Grès jaunes à Huîtres, Echinides, dents de Poissons	130
9° Marnes rouges ou bleues avec quelques bancs de calcaires à Huîtres et Echinides	180
10° Marnes bleues alternant avec des calcaires blancs zoogènes à Huîtres, Echinides et Turritelles	60

Discordance de 10 degrés.

11° Marnes bleues alternant avec des calcaires blancs, grès ou marno-calcaires à Huîtres	130
12° Grès et sables phosphatés à dents de Poissons	200

Fait important et nouveau, le niveau 4 a fourni *Hemitissotia turzoi* Karrenberg en abondance dans les trois gisements précités, et, en outre, *Plesiotissotia dullai* Karr. dans la première localité. *Hemi. turzoi* (45 spécimens étudiés par E. B.) montre un polymorphisme de type classique, où l'épaisseur du tour est fonction de la vigueur de l'ornementation. Or, ces deux Tissotiidés sont également associés, au sein d'un faciès lithologique analogue, dans le Coniacien supérieur des montagnes asturo-cantabriques, avec *Barr. nicklesi* Gross. et *Gauthiericeras bourgeoisi* (D'Orb.) Gross., sous le niveau santonien inférieur à *Texanites texanum* R. Le niveau 4 peut donc être rapporté au *Coniacien supérieur*; les niveaux 2 et 3 représenteraient une partie du Turonien et le Coniacien inférieur et moyen. Les niveaux 6 à 10, caractérisés par *Ostrea proboscidea* D'Archiac, *O. costei* Coq. et contenant en outre *Plicatula* cf. *flattersi* Coq., *Pholodomya* cf. *royana* D'Orb., *Alectryonia dichotoma* var. *acanthonota* Perv., seraient, d'après Mlle Deschaseaux, qui a bien voulu en déterminer la faune, d'âge *santonien*. Le niveau 11, séparé des précédents par une discordance de 10 degrés et renfermant *O. devillei* Coq. et *O. semiplana* Sow., espèces ayant vécu au Campanien et au Maestrichtien, pourraient représenter le Campanien. Le niveau 12, riche en phosphate et en dents de Poissons, amorce l'établissement du régime phosphaté spécial, caractéristique du Maestrichtien.

Ainsi, le Crétacé supérieur, du Turonien au Campanien inclus, est-il formé,

au Sud du Haut-Atlas occidental, par une série de 760m de puissance environ la plus épaisse connue au Maroc), dont près de 300m correspondent à des faciès d'évaporation alternant avec des dépôts marins à faciès néritique. Ceci semble indiquer, pour la mer sénonienne, une tendance générale à la régression, imputable à la surrection lente et intermittente de la Chaîne atlasique, surrection soulignée par une discordance entre le Santonien et le Campanien. Mais, en compensation, la subsidence jouait en bordure de la Chaîne, favorisant les oscillations de la mer sénonienne et contribuant à la formation d'une série très puissante, à faciès marno-calcaire dominant.

GÉOLOGIE. — *Les déformations et plis de la Hammada du Dra.* Note (*) de MM. **Georges Choubert** et **René Lavocat**, présentée par M. Paul Fallot.

La dalle Hammadienne qui couronne les Hammadas du Sud Marocain, est le dernier terme de la formation continentale de comblement, postérieure aux phases paroxysmales d'érection de la chaîne alpine, et antérieure à la grande phase de surcreusement de la fin du Villafranchien. C'est une série principalement gréseuse, comportant généralement deux intercalations de calcaire siliceux, dont la couche terminale. Dans l'état actuel de nos connaissances, on ne peut encore lui attribuer un âge précis : Pontien, Pliocène ou Villafranchien.

N. Menchikoff ([1]) avait déjà attiré l'attention sur la nature synclinale de la Hammada du Dra entre son Kreb nord et la dépression primaire du Zemoul, prolongée à l'Est par celle d'Igma; cette dépression, par contre, étant de nature anticlinale. Au cours d'une tournée en commun sur la Hammada du Dra, en février 1950, nous avons pu déceler plusieurs autres déformations.

1. Le Hadeb el Forga, entre El Beida et Tinfouchy, relief surbaissé orienté Est-Ouest, n'est autre qu'une vaste ondulation anticlinale affectant la série hammadienne. Dans le même alignement, au delà des Oueds du Mahbès bou Aouach, on observe une sucession de dépressions se reliant entre elles, remplies de Quaternaire limoneux et bordées au Nord et au Sud de falaises hammadiennes surbaissées. Il ne peut s'agir que du même axe anticlinal dont la zone axiale est démantelée par l'érosion.

Plus à l'Ouest encore, toujours dans le même alignement, se place le tronçon Est-Ouest de l'Oued Bicibissa, qui, à l'encontre de son tronçon aval, étroit et encaissé, se présente également sous forme d'une vaste dépression à fond plat de 3 à 4km de largeur, bordée de falaises. Son substratum, là où il affleure, est constitué par des dolérites hercyniennes. Cette dépression traverse la Hammada d'Igma (Bir Mohammed) et s'ouvre à l'Ouest sur le *golfe* d'El Jfeirat draîné vers le Sud. La partie amont de ce golfe orientée Est-Ouest et comprenant les dayas de Oudiane el Khzim ([2]) fait encore partie

(*) Séance du 31 juillet 1950.

([1]) Recherches géologiques et morphologiques dans le Nord du Sahara Occidental (*Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dynamique*, 3, fasc. 2, 1930, p. 232).

([2]) Sur la carte au 1/200000, feuille Oued Zemoul, ces dayas sont placées trop au Sud.

de l'axe anticlinal de Hadeb el Forga Bicibissa, qui de ce fait peut être suivi sur plus de 100^{km}.

2. La région d'Oum el Assel-Oum Touaba est recouverte par les formations hammadiennes notablement plus qu'on ne le pensait jusqu'à présent. A travers cette couverture récente, émergent un certain nombre de structures anticlinales primaires, formées essentiellement de calcaires viséens. Tel est l'axe d'Oum el Assel-Smeira sensiblement Est-Ouest, pli violent, dont les flancs sont souvent redressés ou même légèrement déversés; tel est aussi l'anticlinal Nord-Sud d'Oum el Assel même. Autour de ces plis anciens, les formations hammadiennes sont nettement relevées et accusent parfois des pendages de 30° (5^{km} Sud d'Oum el Assel, dans la montée de la piste de Tindouf). D'autres plis non percés par l'érosion affectent la Hammada : un d'eux s'élève à l'Est de l'ancien terrain d'aviation d'Oum el Assel. Les structures anticlinales hercyniennes ont donc rejoué pendant la phase tectonique post-hammadienne (phase de la fin du Villafranchien?) en soulevant leur couverture récente en véritables plis anticlinaux sub-aériens.

3. Le mécanisme de ce soulèvement récent se fait parfois d'une façon curieuse. Dans la zone où le Kreb hammadien touche la célèbre chaîne monoclinale de l'Ouarkziz (calcaires viséens), la Hammada, horizontale plus au Sud, montre, en s'approchant du Viséen, des pendages atteignant 5°. A l'Ouest d'Oum el Gragim, la Hammada recouvre enfin l'Ouarkziz et s'étale même sur le Tournaisien schisteux. Le pendage, visible sur le flanc sud de l'Ouarkziz, disparaît dès qu'on atteint sa crête, puis, sur le Tournaisien, la Hammada est de nouveau parfaitement horizontale. La Hammada est donc affectée d'une flexure à regard Sud tout le long de l'Ouarkziz. Il faut en conclure, semble-t-il, à un mécanisme différentiel de la reprise récente des anciennes structures hercyniennes : léger redressement de la série résistante de l'Ouarkziz, par rapport au remplissage namuro-westphalien schisto-gréseux du synclinal de Tindouf, celui-ci ayant amorti rapidement cette déformation et réagi en synclinal homogène.

Un soulèvement du même type, mais plus progressif s'observe sur le flanc nord-est de l'anticlinal du Zemoul, dont le pendage est d'ailleurs bien plus faible. La Hammada découpée en *lanières* se relève ici très doucement contre les grès struniens. La reprise différentielle a donc affecté tout l'ensemble de l'anticlinal du Zemoul.

4. Dans la région d'Oum el Gragim, en s'approchant de l'Ouarkziz du Sud au Nord, la puissance de la série hammadienne diminue et des conglomérats s'y intercalent. La même disposition se retrouve plus à l'Ouest. Ainsi des intercalations conglomératiques ont été observées dans la zone comprise entre la pointe de la Hammada en face Oum el Achar et le point coté 650^{m} en face de Kheneg Tafagount. De même, d'une façon générale, l'épaisseur de la série hammadienne augmente quand son Kreb s'écarte de l'Ouarkziz et qu'on

s'élève dans la série namuro-westphalienne de son substratum. Ce phénomène s'observe le mieux entre la gara Tafagount (635^{m}), où la *dalle hammadienne* n'a qu'une vingtaine de mètres, et Bou Akba où elle mesure près de 100^{m}. Si, vers Oum es Sebaa, on se place dans l'alignement du Kreb, on voit nettement les barres résistantes de la série hammadienne s'écarter progressivement vers le Sud, les formations tendres qui les séparent augmentant peu à peu d'épaisseur. Il semble donc que l'affaissement du bassin de Tindouf ait été amorcé, déjà, au cours du dépôt de la série hammadienne.

GÉOLOGIE. — *Relations tectoniques du Jurassique et du Crétacé dans les chaînes plissées du département du Doubs*. Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les rapports tectoniques entre le Néocomien et le Portlandien ne sont pas simples dans les hautes chaînes plissées de la frontière franco-suisse. Les plissements du Crétacé, plus plastiques, sont infiniment plus complexes que ceux du Jurassique plus rigide. A ce sujet, M. Louis Glangeaud (1) a attiré depuis longtemps notre attention sur les glissements post-tectoniques dans la chaîne du Jura. Il s'agit précisément ici de faire le partage entre les dispositifs dus aux forces orogéniques et les phénomènes ultérieurs obtenus par l'action de la pesanteur. En exécutant des cartes géologiques au 1/20000e avec les Ingénieurs-Géologues de Nancy, j'ai eu la possibilité d'étudier depuis l'année 1947 un grand nombre de points de contact du Jurassique-Crétacé. Il existe un exemple remarquable de *Collapse structure*, décrit par M. Castany (2), où le plissement post-tectonique du Valangien-Hauterivien-Urgonien résulte d'un glissement sur les dalles portlandiennes inclinées à 45° S-E : la coupe est typique entre le Frambourg et les Verrières, au pied de la montagne du Grand Taureau. Par contre il existe un cas opposé où les pendages du Valanginien et du Portlandien se mettent à angle droit dans presque tous les contacts, et la faiblesse du relief exclut l'explication d'un gondolage post-orogénique sur les flancs d'une montagne : ce cas est réalisé par le Plateau du Russey avec le synclinal de Noel Cerneux. On peut alors songer à des plis dysharmoniques, où les gypses du Purbeckien servent de lubrifiants, entre les deux systèmes de plis.

J'ai relevé en outre de nombreux cas entre Morteau et Mouthe où le Crétacé est incontestablement engagé par pli-faille sous le Jurassique, ce qui est évidemment contraire à la *Collapse structure*. Ainsi tout le long du synclinal crétacé de Villers-le-Lac, Montlebon, La Grand'Combe, les Alliés, Pontarlier, le renversement du Portlandien sur le Valanginien est visible sur le flanc Est à la Malcombe, Cornabey, aux Alliés, enfin au défilé des Entreportes. Le cas du versant Ouest du Synclinal des Fins à la Grand'Combe de Morteau a longtemps retenu mon attention. Cette dernière région a fait l'objet d'une publication

(1) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 466.
(2) *B. S. G. F.*, **17**, 1947, p. 199.

récente de M. Perrodon (³) qui décrit des paquets de glissement jurassique descendus dans la vallée du Doubs sur des *lambeaux de Cénomanien*.

D'après la définition et la terminologie mises au point par M. M. Lugeon (⁴), il s'agit plus exactement de *décoiffement* de quelques dizaines d'hectares qui affectent le Porlandien (Pont de la Roche et sommet de la côte de Morteau), le Kimmeridgien (Ferme Bosson), et enfin le Valanginien (Butte de la Brasserie Chopard). Dans ces petits massifs la direction des bancs est anormale par rapport aux alignements tectoniques de la région, mais dans chaque paquet glissé le pendage est constant, à la différence de simples éboulis. Différents paquets de glissements peuvent être échelonnés sur les flancs de la montagne c'est l'ultime phase de déformation des couches stratifiées avant les phénomènes d'érosion (creusement de l'Auge glaciaire).

Ce décoiffement a été favorisé par le renversement des couches jurassiques (à 75-80° sur le Crétacé). Ailleurs on a de simples éboulements post-glaciaires (caserne de Morteau et tranchée du tramway). Ces phénomènes post-tectoniques ne doivent pas nous faire oublier le pli-faille des 1ʳᵉ et 2ᵉ éditions de la Carte géologique au 80 000ᵉ d'Ornans n° 127, dues respectivement à Kilian et à MM. Fallot et Robaux.

Dans la ville même de Morteau, j'ai pu recueillir sous de très minces éboulis quaternaires avec dents d'*Equus* une riche faune du Cénomanien à l'intérieur d'une craie marneuse jaunâtre et d'une marne glauconieuse avec *Acanthoceras Mantelli*, *Schloenbachia varians*, *Scaphites æqualis*, *Inoceramus Crippsi*, var. *Reachensis*; c'est exactement la faune du Cénomanien supérieur du Cap Blanc-Nez. Ce Cénomanien horizontal s'étend sur 500ᵐ, depuis la caserne jusque sous l'église et bute par pli-faille contre le calcaire dolomitique du Portlandien renversé à 75° NE. Le même dispositif se retrouve au-dessus du Pont de la Roche où le Portlandien se renverse sur de l'Urgonien horizontal. Enfin, il faut citer les affleurements de Saint-Point où une coupe perpendiculaire au Lac montre la série crétacée avec noyau de Cénomanien (*Turrilites costatus*) subhorizontal se renversant sous le Gault pour donner l'impression de se replier complètement sous les cargneules et la dolomie en plaquette du Jurassique supérieur.

Ni la *Collapse structure*, ni le décoiffement, ne paraissent expliquer les coupes interprétées comme pli-faille renversé dans la tectonique classique.

En conclusion, on peut faire la proposition suivante : beaucoup de synclinaux crétacés du département du Doubs présenteraient une coupe générale transversale en forme de la lettre grecque ω avec renversement du Jurassique sur les deux flancs et anticlinal central en Valanginien ou même en Portlandien (Les Alliés). Ce dispositif résulterait de deux phases tectoniques successives :

(³) *B. S. G. F.*, 19, fasc. 1, 2, 3, 1949, p. 85.
(⁴) *Ann. Hébert et Haug*, 7, 1949, p. 262.

la plus ancienne a créé les noyaux crétacés, et la plus récente en rapprochant les masses jurassiques a plissé en sinusoïde le matériel crétacé plus mou. Le renversement du Malm avec pendage en éventail s'expliquerait dans certains cas par une remontée diapyrique du dome solide de Dogger rejetant le Jurassique supérieur de part et d'autre ([5]).

Évidemment de multiples actions se sont succédé : à Morteau, on a des décoiffements typiques qui se superposent à une structure par pli-faille, tandis que dans la région des Étarches-Pontarlier, la collapse-structure incontestable complique le flanc Ouest du synclinal, dont le bord Est se pince sous le Jurassique du Larmont.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Persistance des caractères archaïques du bois secondaire chez les Canellacées.* Note de M. **Robert Lemesle**, présentée par M. René Souèges.

Les fibres aréolées du bois des Canellacées sont des trachéides vraies du type cycadéen. Ce caractère joint à la perforation scalariforme des vaisseaux, constitue une structure fort primitive; cette disposition représente une survivance archaïque, qui persiste à l'état de vestige ancestral dans une famille dont les caractères floraux révèlent un certain degré d'évolution.

Dans le bois secondaire de la tige des Canellacées, Solereder ([1]) mentionnait l'existence d'un *prosenchyme à ponctuations aréolées*. Mais ce prosenchyme se compose-t-il de fibres-trachéides ou de trachéides ? Et, en ce dernier cas, quel serait le type de trachéides ? C'est ce que nous avons voulu préciser en examinant des tiges âgées de plusieurs espèces réparties dans les genres *Canella*, *Cinnamodendron*, *Pleodendron* et *Cinnamosma*.

Les faces tangentielles et radiales des fibres ligneuses, chez toutes ces espèces, sont munies de ponctuations aréolées circulaires (5 à 7μ); leurs ouvertures obliques et croisées atteignent à peine le pourtour de l'aréole. Ces ponctuations sont très rapprochées les unes des autres, disposées en une seule rangée sur chaque face et toujours dépourvues de perforations; leurs parois ne présentent, en dedans, aucune striation spiralée ou réticulée. Nous reconnaissons ici les *trachéides vraies, à face interne lisse, à ponctuations aréolées du type cycadéen.*

Il restait à préciser, dans chacun des genres de Canellacées, le nombre de barreaux des perforations scalariformes dans les vaisseaux du bois. D'après nos observations personnelles, ce chiffre s'établit de la façon suivante : chez *Canella*, 15 à 20; chez *Pleodendron*, 20 à 40; dans les diverses espèces de *Cinnamosma*, on en compte jusqu'à 50 et même 60; chez le *Cinnamodendron Glaziovi* Schu. nous en voyons parfois 70.

Au point de vue phylogénétique, tandis qu'Hallier ([2]) maintenait la famille

([5]) G. Mathieu, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1158.

([1]) *Ueber den systematischen Wert der Holzstructur bei den Dicotyledonen*, München, 1885, p. 66.

([2]) *Arch. néerl. Sc. ex. et nat.*, série 3, **1**, 1912, p. 146.

des Canellacées dans un groupe primitif, Hutchinson [3] lui assignait un rang sensiblement plus élevé dans l'échelle des Angiospermes-Dialypétales.

Si nous nous basons exclusivement sur l'histologie du bois secondaire, nous serons amené à adopter l'opinion de Hallier. En effet, deux caractères structuraux permettraient de ranger les Canellacées au voisinage immédiat des Schizandracées et des Illiciacées : le prosenchyme constitué par des trachéides vraies à ponctuations aréolées du type cycadéen, puis la prédominance de la perforation scalariforme des vaisseaux en même temps que le nombre souvent élevé des barreaux. L'anatomie du xylème, incontestablement archaïque, obligerait les phylogénistes à maintenir les Canellacées à la base de l'arbre généalogique.

Mais la morphologie de la fleur, du fruit, de la graine s'accordera-t-elle avec les données de l'histologie du bois ?

Certains caractères tendent encore à représenter, dans cette famille, un état relativement peu différencié : le réceptacle floral convexe; la position extrorse des anthères; le style court; l'épaisseur et l'aspect luisant du tégument de la graine; la petitesse de l'embryon et le volumineux albumen.

A ces caractères, nous opposerons les suivants, lesquels révéleront, au contraire, chez les Canellacées, un certain degré de perfectionnement : le nombre défini des pièces du périanthe, des étamines et des carpelles; la disposition verticillée des sépales et des pétales; la prédominance de la pentamérie de la corolle; la gamostémonie de l'androcée; la syncarpie de l'ovaire; le fruit bacciforme. On peut encore invoquer, dans le même sens, la concrescence des pétales du genre *Cinnamosma*; la réduction du nombre des carpelles et des ovules chez le *Canella* et le *Cinnamosma*.

Cet examen des diverses parties de la fleur des Canellacées nous amène à constater la prépondérance des caractères évolués. Principalement par la concrescence de ses carpelles, cette famille vient se placer sensiblement au-dessus des groupes de base; elle laisse au-dessous d'elle toutes les Dicotylédones-Apocarpiques à fleurs acycliques, hémicycliques et cycliques, présentant sur l'ensemble de ces familles un degré de perfectionnement indéniable.

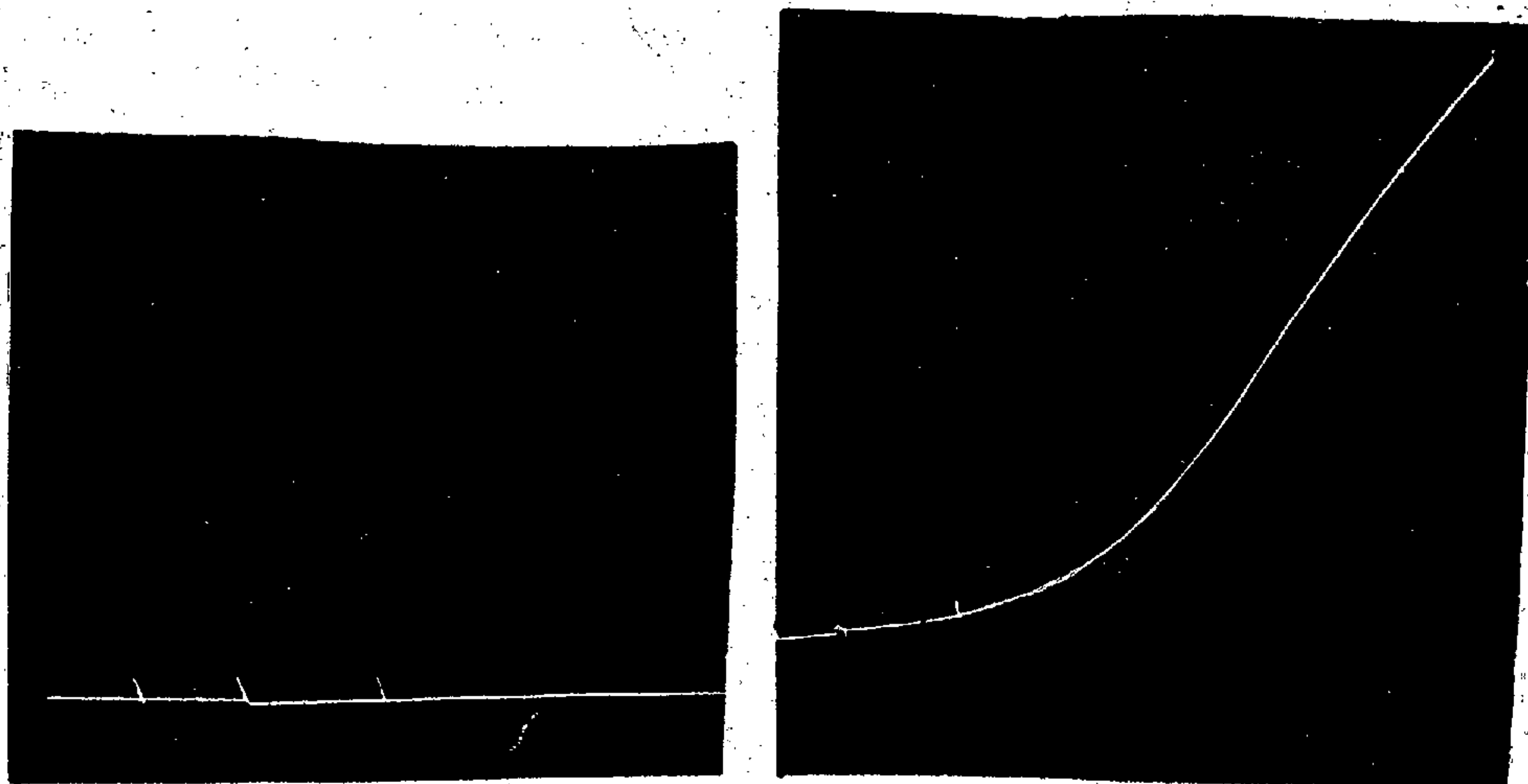
En ce qui concerne la position phylogénétique des Canellacées, les données de la morphologie florale sont donc loin de se trouver en harmonie avec les particularités histologiques du bois secondaire. A notre avis, il faut voir, dans cette structure si primitive des éléments du xylème, une survivance archaïque susceptible de persister à l'état de vestige ancestral même dans des familles encore plus évoluées.

---

(3) *The families of flowering plants*, 1, 1926, p. 8.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE — *Action de l'adrénochrome sur le muscle dorsal de la Sangsue en présence des acides pyruvique et pantothénique, avec ou sans action préalable de l'ésérine.* Note (*) de M. **Bruno Minz**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons exposé dans une Note précédente (¹) que l'action contracturante déclenchée par le couple pyruvate-adrénochrome sur l'intestin thyroxiné du Lapin peut être renforcée par l'acide pantothénique mais inhibée par la pantoyltaurine, et que l'effet de ce couple repose sans doute sur la synthèse d'un dérivé acétylé de l'adrénochrome au niveau de l'organe. Ce phénomène est-il lié à la présence d'une structure tissulaire spéciale ou possède-t-il un caractère plus général ? Pour résoudre ce problème, nous avons désiré changer notre objet d'études et nous avons choisi comme test le muscle dorsal de la Sangsue préparé d'après la technique habituelle (²) et suspendu dans un bain de 20^{cm^3} de Ringer constamment oxygéné.



I. II.

Muscle dorsal de la Sangsue.

I. Addition successive d'un cm^3 d'une solution de pantothénate à 10^{-3}M; d'un cm^3 d'une solution de pyruvate à 10^{-3} et d'un cm^3 d'une solution d'adrénochrome à 10^{-3} sur le muscle *non ésériné.*

II. Addition successive des mêmes substances sur ce même muscle *ésériné.*

Nous avons constaté tout d'abord que l'adrénochrome (à la dose de 1^{cm^3} d'une solution à 10^{-3}), administré soit seul, soit associé à 1^{cm^3} de pantothénate à 10^{-3}M ou à 1^{cm^3} de pyruvate à 10^{-3}, soit enfin en présence de ces deux

(*) Séance du 7 août 1950.

(¹) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 418.

(²) B. Minz, *Arch. f. exper. Path.*, **168**, 1932, p. 292.

composés, ne provoque aucune réponse de ce muscle. Tous ces différents corps ajoutés dans le même ordre et selon la même technique continuent à être inefficaces sur ce même muscle préalablement mis en contact de thyroxine pendant une heure.

Or ce comportement change de façon caractéristique lorsque l'on remplace la thyroxine par l'ésérine, connue pour sensibiliser la préparation de la Sangsue à l'acétylcholine. Un muscle de Sangsue placé dans du Ringer ésériné pendant 10 minutes qui ne réagit ni à l'addition d'adrénochrome seul, ni à celle des couples pantothénate-adrénochrome ou pyruvate-adrénochrome répond avec une contraction lorsque l'on fait agir la même dose d'adrénochrome après administration préalable des doses indiquées de pyruvate et de pantothénate. La figure illustre ce fait. Elle nous montre que l'adrénochrome ajouté au muscle non ésériné en présence de pantothénate et de pyruvate n'exerce aucun effet, tandis que ce même corps administré en présence de ces deux dernières substances sur le même muscle *ésériné* déclenche une contraction.

Le pyruvate constitue une source de radicaux acétyles. Le pantothénate fait partie intégrante du coenzyme A, coenzyme d'un système enzymatique acétylant qui est très probablement fourni, dans notre cas, par le muscle même. Nous pouvons donc admettre la formation biologique d'un *acétyl-adrénochrome* dont l'action contracturante est conditionnée par la présence d'ésérine sans que l'on puisse invoquer ici le pouvoir anticholinestérasique connu de cette drogue. Il y a plus, alors qu'il suffit d'ésériner le muscle de Sangsue une seule fois pendant 10 à 15 minutes pour obtenir des contractions à des administrations successives d'acétylcholine, toute réponse contracturante de ce muscle à l'*acétyl-adrénochrome* nécessite chaque fois une mise en contact avec l'ésérine pendant au moins 10 minutes. L'action de l'acétyl-adrénochrome est donc plus fortement liée à la présence d'ésérine au niveau du muscle de Sangsue que celle de l'acétylcholine.

Ces faits nous semblent de la plus haute importance pour l'évolution future de la théorie neuro-humorale; nous reviendrons prochainement avec plus de détails sur leur interprétation.

BIOCHIMIE BACTÉRIENNE. — *Action de la pénicilline sur le métabolisme phosphoré et azoté de quelques bactéries.* Note (*) de MM. **Jean-Pierre Ebel**, **Roger Vendrely** et **Robert Tulasne** (¹), transmise par M. Robert Courrier.

Le mécanisme de l'action bactériostatique de la pénicilline est encore obscur. On sait (²), (³) que les modifications cytologiques apportées par cet antibio-

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(¹) Avec l'assistance technique de Mlle Knobloch.

(²) R. Tulasne, R. Vendrely et R. Minck, *C. R. Soc. Biol.*, 142, 1948, p. 237.

(³) R. Tulasne, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 286.

tique se ramènent essentiellement à un freinage des divisions cytoplasmiques, alors que les divisions nucléaires se poursuivent, ce qui provoque l'apparition de formes monstrueuses. De nombreux auteurs ont essayé de mettre en évidence les modifications d'ordre chimique qu'accompagnent ces changements dans la morphologie : modifications intéressant les acides nucléiques ([4]), ([5]), l'assimilation des acides aminés ([6]), la synthèse de substances polypeptidiques extracellulaires ([7]), la déphosphorylation de l'ATP ([8]), l'accumulation de phosphate labile ([9]).

Nous proposant d'apporter une contribution à l'étude de ce problème, nous nous sommes adressés à deux bactéries : l'une, le Staphylocoque doré (*Staphylococcus aureus*), Gram positif, très sensible à la pénicilline; l'autre, le *Proteus vulgaris*, Gram négatif, peu sensible.

Techniques. — Les bactéries ont été cultivées sur gélose ordinaire à 37°. A la phase de latence, une fraction a été recueillie pour être analysée, deux autres ont été réensemencées, l'une sur gélose ordinaire, l'autre sur gélose pénicillinée et toutes deux ont été recueillies quantitativement au bout de trois heures et analysées. La dose de pénicilline ajoutée (1,5 unité/cm^3 pour le Staphylocoque, 70 unités/cm^3 pour le Proteus) était calculée de manière à provoquer à ce moment l'apparition de formes anormales polynuclées chez la quasi-totalité des germes. Les bactéries recueillies ont été soumises à trois lavages à l'eau distillée, puis traitées par l'acide trichloracétique froid à 5 % afin de séparer les substances acido-solubles. Ces différentes fractions : eaux de lavage, acido-soluble et bactéries résiduelles ont chacune été étudiées.

Résultats. — En opérant dans ces conditions, nous nous sommes aperçu que, malgré l'apparition de modifications cytologiques comparables sous l'action des concentrations employées de pénicilline, le mode d'action intime de cet antibiotique sur le Staphylocoque et le Proteus ne semblait pas être le même.

Alors que l'accroissement en poids du Staphylocoque est très faible après trois heures, en présence de pénicilline, le poids du Proteus en présence d'antibiotique est sensiblement voisin de celui qu'il atteint sans pénicilline. Chez le Staphylocoque, les synthèses sont donc rapidement stoppées, tandis que chez le Proteus, la bactérie continue à édifier sa substance, malgré le freinage de la division cytoplasmique.

Les modifications chimiques provoquées par la pénicilline semblent d'ailleurs être très différentes; chez le Staphylocoque, elles se ramènent essentiellement aux trois points suivants :

([4]) R. Vendrely, R. Tulasne et R. Minck, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 238.
([5]) F. Gros et M. Macheboeuf, *Ann. Inst. Pasteur*, **77**, 1949, p. 127.
([6]) E. F. Gale et A. R. Rodwell, *J. Bact.*, **55**, 1948, p. 161.
([7]) R. D. Hotchkiss, *Journ. Exp. Med.*, **91**, 1950, p. 351.
([8]) F. Gros et M. Macheboeuf, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 858 et 1736.
([9]) J. T. Park et M. J. Johnson, *Journ. biol. Chem.*, **179**, 1949, p. 585.

1° L'accumulation dans la fraction acido-soluble d'un composé phosphoré labile, c'est-à-dire d'un composé phosphoré aisément hydrolysable en acide orthophosphorique à 100° au bout de sept minutes en milieu ClH N. Cette augmentation va de pair avec une baisse légère de l'acide orthophosphorique initialement existant. L'accumulation d'un composé phosphoré labile, peut-être riche en énergie, avait déjà été signalée ([9]); ce composé n'avait pu être identifié. Nous avons vérifié qu'il ne s'agissait pas d'acide métaphosphorique, dont la présence a été signalée chez certains microorganismes ([10]), ([11]).

2° L'augmentation dans la fraction acido-soluble du taux de l'N purique, traduisant une élévation de celui des nucléosides et nucléotides puriques.

3° La diminution concomitante dans la bactérie résiduelle de l'acide ribonucléique, alors que l'acide désoxyribonucléique reste constant.

Chez le Proteus, nous n'avons pas retrouvé les modifications chimiques provoquées par la pénicilline chez le Staphylocoque. Ici les perturbations sont d'un autre ordre. A noter surtout la facilité extraordinaire avec laquelle la bactérie abandonne dans ses eaux de lavage une partie considérable (jusqu'à 70 %) de sa substance. Les eaux de lavage se présentent comme une solution claire, très visqueuse, donnant un précipité abondant par l'acide trichloracétique. Elles renferment la plus grande partie des corps nucléotidiques à ribose et vraisemblablement de l'acide ribonucléique. Par contre, plus de la moitié de l'acide désoxyribonucléique est restée dans les bactéries résiduelles.

Il paraît peu probable qu'une action lytique seule suffise à expliquer ce passage chez le Proteus d'une partie très importante des substances cellulaires dans les eaux de lavage. Il semble bien que la pénicilline exerce une influence sur la perméabilité cellulaire.

Conclusion. — L'ensemble de ces faits tend à prouver que le mode d'action intime de la pénicilline sur le Staphylocoque et le Proteus n'est pas le même. Des expériences en cours nous permettront bientôt de savoir s'il s'agit là d'un phénomène général pour toutes les bactéries Gram positif et Gram négatif.

La séance est levée à 15h25m.

L. B.

([10]) J. M. Wiame, *J. Biol. Chem.*, 178, 1949, p. 919.
([11]) J. P. Ebel, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1312.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 AOUT 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTROPHYSIQUE. — *Une nouvelle méthode d'observation de la couronne solaire.* Note de M. **BERNARD LYOT**.

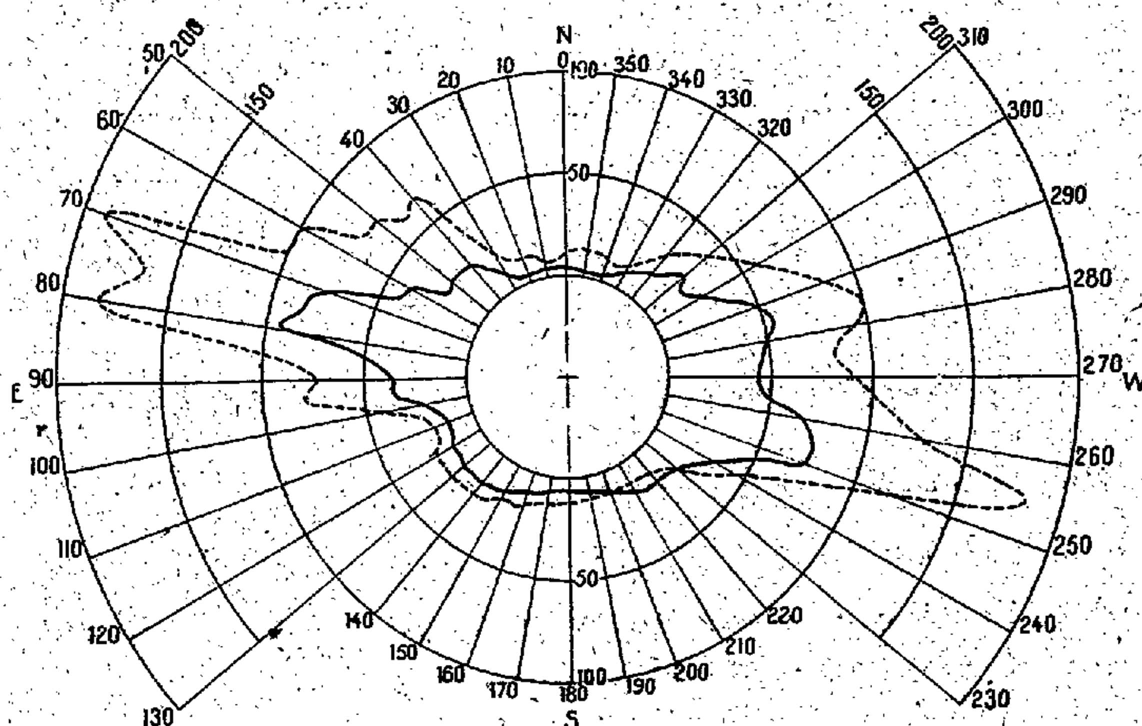
La Note expose la réalisation d'un nouveau spectrophotomètre qui mesure l'intensité d'une raie coronale sans avoir besoin de réduire la lumière diffusée atmosphérique et instrumentale. La lumière du ciel est analysée par un filtre monochromatique polarisant dont le dernier polariseur est remplacé par un polarimètre photoélectrique. Une glace inclinée compense l'effet des raies solaires.

La mesure de l'intensité des principales raies d'émission de la couronne, dans les divers angles de position et l'étude de ses variations au cours du temps permettent d'améliorer notre compréhension des phénomènes solaires, de plus elles sont à la base des prévisions ionosphériques, c'est pourquoi elles sont poursuivies au Pic du Midi et dans quelques autres observatoires de montagne, aussi régulièrement que les circonstances atmosphériques le permettent. Les mesures sont faites au moyen de coronographes suivis de spectroscopes ou de spectrographes, elles exigent, non seulement du beau temps, mais un ciel sans poussière et sans voile de cirrus.

Le spectrophotomètre coronal qui fait l'objet de cette Note est entièrement différent des appareils précédents, son rôle ne consiste pas, en effet, à réduire la diffusion de la lumière, mais à déceler et à mesurer une radiation faible, imparfaitement monochromatique, qui est noyée dans un spectre continu très intense et haché, de plus, par de fortes raies d'absorption. Il ne comporte ni coronographe ni spectrographe et il n'a pas besoin du ciel pur (dit *coronal*) de la haute montagne.

Cet appareil dont la construction a été achevée au mois de février dernier, à l'Observatoire de Meudon, utilise une lunette de 16^{cm} d'ouverture et de $2^{m},40$ de distance focale. L'objectif de celle-ci forme, sur un disque métallique,

une image plus grande de quelques secondes d'arc seulement; la lumière qui passe autour du disque est recueillie par un écran annulaire, elle permet de centrer le Soleil avec précision. La lumière de la couronne est recueillie à une minute d'arc du bord du Soleil, au moyen d'un petit écran percé d'un trou de $0^{mm},7$ de diamètre.



Intensités de la raie verte coronale en millionièmes de celle de 1 Å du spectre continu solaire, mesurées le 6 mai 1950 : au Pic du Midi, avec le coronographe et le spectrographe, de $7^h,10$ à $8^h,10$, brillance de l'image du ciel 30 millionièmes de celle de l'image du Soleil (courbe extérieure) et à Meudon, avec le nouveau spectrophotomètre, de $7^h,30$ à $8^h,30$ (courbe intérieure), brillance de l'image du ciel 5000 millionièmes de celle de l'image du Soleil.

Le faisceau de lumière coronale est mélangé à un flux intense de lumière solaire, il tombe sur un prisme à deux réflexions qui le déplace pour amener son axe en coïncidence avec celui de la lunette et du disque métallique. L'ensemble des pièces peut tourner autour de cet axe et permet ainsi d'explorer la couronne à 1′ du bord du Soleil, sans décentrer l'image de celui-ci et sans déplacer le faisceau émergent; il est porté par une alidade qui indique, sur un cercle, l'angle de position du point observé.

Le faisceau divergent de lumière à analyser traverse l'écran annulaire et tombe sur une lentille qui le rend parallèle, il traverse ensuite un filtre monochromatique polarisant et il est enfin recueilli par un polarimètre photoélectrique.

Le filtre monochromatique polarisant a été décrit précédemment [1], il avait été construit en 1939 et muni de polariseurs en spath, en 1941. Il est complété, du côté de la source de lumière, par un filtre polarisant à bande large, une cuve de sulfate de cuivre et un verre jaune qui laissent passer seulement la bande de longueur d'onde 5303, de 2 Å de largeur équivalente, avec une transparence élevée.

---

(1) *Annales d'Astrophysique*, 7, fasc. 1-2, 1944, p. 5, 26 et 33.

Le polarimètre photoélectrique a été décrit précédemment ([2]), il avait été construit en 1947, il est orienté de manière à comparer les deux composantes des vibrations lumineuses parallèle et perpendiculaire à celle qui est transmise par le dernier polariseur du filtre principal; dans ces conditions, il indique évidemment une polarisation complète.

Retirons maintenant ce polariseur : la polarisation tombe à une valeur très faible. En effet, la composante parallèle est constituée par la bande de 2 Å de large et par quelques faibles bandes secondaires; la composante perpendiculaire est formée de deux bandes encadrant celle-ci à 4 Å de part et d'autre et de quelques faibles bandes secondaires ([3]). On peut démontrer que les deux composantes produisent le même courant photoélectrique lorsque, dans la région étroite du spectre transmise par le filtre, l'effet photoélectrique de la source varie linéairement en fonction de la quantité $(n_e - n_0)/\lambda$, (n_e et n_0 étant les indices du quartz) pour la longueur d'onde λ.

Il en est ainsi, pratiquement, pour une source à spectre continu telle qu'une lampe à incandescence. Avec la lumière du centre du Soleil, le polarimètre accusait une polarisation assez forte, variable en fonction de la température du filtre et, par conséquent, de la longueur d'onde de sa bande principale, avec des maxima positifs et négatifs dont un négatif, de 16 millièmes, pour $\lambda = 5302,45$. Cette polarisation est due aux raies solaires. Le filtre étant réglé pour 5302,85 (longueur d'onde de la raie verte coronale), si l'on déplace l'image solaire derrière le trou, on observe, près du pôle Nord et du pôle Sud, un renforcement de la polarisation de 11 dix-millièmes, dû à l'élargissement des raies près du bord du Soleil, tandis que l'Est et l'Ouest accusent une différence de 13 dix-millièmes, provenant de la rotation solaire. Dans la lumière diffusée à une minute du bord, cet effet n'est pas négligeable, à cause de l'intensité très grande des raies solaires par rapport à la raie coronale.

Pour l'éliminer, nous avons réglé le filtre sur $\lambda = 5302,45$ et compensé la polarisation au moyen d'une glace inclinée, pour un point du Soleil situé à une distance du bord convenablement choisie. La sensibilité est légèrement réduite mais le zéro, réalisé dans ces conditions, est stable à un dix-millième près. En centrant le Soleil derrière le disque, on obtient alors, à la sortie du polarimètre, un courant électrique proportionnel à l'intensité de la raie coronale seule, à la sensibilité de l'amplificateur et à la transparence de l'atmosphère. Un dispositif spécial permet un contrôle rapide et fréquent de ces deux dernières quantités, au moyen de lumière solaire affaiblie dans un rapport connu et polarisée après le filtre; il permet de calculer l'inten-

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 137.

([3]) *Annales d'Astrophysique*, **7**, fasc. 1-2, 1944, p. 37.

sité de la raie de la couronne comparée à celle de 1 Å de spectre continu solaire.

Les mesures sont faites de 5° en 5°, avec un microampèremètre, en lisant la position moyenne de l'aiguille pendant 5 secondes, pour réduire les fluctuations. Le tour du Soleil, effectué en 40 minutes environ, est un peu plus rapide qu'avec le coronographe du Pic du Midi. Les mesures ont une précision de 2 millionièmes environ, comparable à celle des mesures visuelles du Pic pour les faibles intensités, supérieure pour les grandes.

Ce qui distingue principalement le nouveau spectrophotomètre de l'ancien, c'est sa faible sensibilité à la lumière diffusée. En effet, nous n'avons pris aucune précaution pour réduire celle-ci, au contraire l'objectif dont nous nous sommes servi est incomplètement poli, plein de bulles et donne, par réflection sur ses deux faces internes, de rayons de courbure assez voisins, une image solaire parasite gênante, il produit un halo dont la brillance atteint 1/200 de celle du Soleil, mais qui permet cependant d'excellentes mesures, tandis qu'avec les appareils du Pic du Midi, une brillance 100 fois plus faible suffit pour gêner fortement les observations. Nous avons pu effectuer des mesures avec une brillance de 1/100 due à des cirrus épais, très absorbants.

Le premier graphique a été obtenu le 28 février dernier; il présente des analogies avec celui qui fut obtenu 3 jours après, au Pic du Midi. Nous avons pu assez fréquemment, par la suite, comparer des observations simultanées. La figure en montre un exemple. Les allures semblables des courbes du Pic et de Meudon, la concordance de leurs maxima et de leurs minima prouvent qu'elles représentent le même phénomène.

La sensibilité de ce spectrophotomètre est limitée, d'une part par l'effet résiduel des raies solaires qui est proportionnel à la lumière diffusée, d'autre part par les fluctuations du courant photoélectrique qui sont proportionnelles à la racine carrée de cette lumière. Adapté au coronographe, il permettrait l'étude de raies coronales inobservables au spectroscope, par suite de leur faiblesse ou par suite de la diffusion atmosphérique très forte dans le bleu, le violet et l'ultraviolet. Nous comptons l'employer à Meudon, d'une part pour mesurer, avec précision, des vitesses radiales des champs magnétiques ou des largeurs équivalentes de raies dans le Soleil, d'autre part pour tenter de résoudre un problème particulièrement difficile, l'étude de la couronne devant le disque solaire.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur la* répartition modulo un *de certaines suites p-adiques*. Note (*) de M. **Claude Chabauty**, présentée par M. Paul Montel.

Soit p un nombre premier, nous appellerons *p-intégrables* les nombres algébriques satisfaisant à une équation de la forme

$$c_0 + c_1 x + \ldots + c_{s-1} x^{s-1} + p^r x^s = 0,$$

où les c sont des entiers rationnels et r un entier rationnel $\geqq 0$. Tout nombre α du corps des nombres p-adiques Q_p peut d'une manière et d'une seule, se mettre sous la forme $\alpha = \sum_{h=r}^{+\infty} a_h p^h$, r étant un entier rationnel et les a_h étant pris dans l'ensemble $0, \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm (p-1)/2$ (¹). Nous dirons que α est un *nombre principal* si $a_h = 0$ pour tout $h \geqq 0$. On peut donc caractériser ces nombres par la propriété d'être des nombres rationnels p-intégrables dont la valeur absolue ordinaire est $< 1/2$. Ces nombres forment dans Q_p un système parfait de restes pour la relation d'équivalence $|x - y|_p \leqq 1$ (²) i. e. tout $\alpha \in Q$ admet une décomposition unique $\alpha = \pi + \varepsilon$ où π est principal et $|\varepsilon|_p \leqq 1$. Nous noterons $\pi = [\alpha]$, $\varepsilon = \{\alpha\}$ et nous appellerons ces nombres la *partie principale* et le *reste modulo un* de α dans Q_p.

Donnons-nous une fois pour toutes une isomorphie du corps de tous les nombres algébriques H dans le corps des nombres complexes et une isomorphie de H dans la fermeture algébrique H_p de Q_p, de sorte que pour un nombre algébrique θ dont les conjugués absolus sont $\theta_1 = \theta$; $\theta_2, \ldots, \theta_s$, $|\theta_i|$ et $|\theta_i|_p$ ont un sens bien défini pour $i = 1, \ldots, s$.

Nous désignerons par $\mathcal{A}$ l'ensemble des nombres algébriques θ p-intégrables et tels que $|\theta|_p > 1$, $|\theta_j|_p \leqq 1$, $j = 2, 3, \ldots, s$, $|\theta_i| \leqq 1$, $i = 1, 2, \ldots, n$. Tout $\theta \in \mathcal{A}$ appartient à Q_p (mais pas nécessairement ses autres conjugués absolus). Nous désignerons par $\mathcal{B}$ l'ensemble des éléments de $\mathcal{A}$ tels que $|\theta_j|_p < 1, j = 2, \ldots, s$, par $\mathcal{C}$ l'ensemble des éléments de $\mathcal{A}$ tels que $|\theta_i| < 1$, $i = 1, 2, \ldots, s$, et par $\mathcal{D}$ l'ensemble $\mathcal{B} \cap \mathcal{C}$.

On a alors les résultats suivants qui constituent l'analogue p-adique de théorèmes de Pisot (³) et Salem (⁴) sur la répartition modulo un classique :

(*) Séance du 7 août 1950.

(¹) Pour $p = 2$ il y a lieu de modifier légèrement la définition des nombres principaux.

(²) $|\ |_p$ désigne la valeur absolue p-adique avec $|p|_p = 1/p$, prolongée à H_p, et $|\ |$ la valeur absolue ordinaire.

(³) *Ann. R. Sc. Norm. Pisa*, série 2, 7, 1938, p. 205-248.

(⁴) *Duke Math. J.*, 11, 1944, p. 103-108.

THÉORÈME I. — *Dans tout corps de nombres algébriques* K *contenu dans* Q_n *il y a des nombres de* $\mathcal{D}$ *qui sont des éléments primitifs de* K. *Pour la topologie p-adique* $\mathcal{D}$ *a des ensembles dérivés non vides pour tous les ordres entiers.*

THÉORÈME II. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un nombre* α *de* Q_p *appartienne à* $\mathcal{B}$ *est que pour un* λ *convenable de* Q_p $|\{\lambda\alpha^n\}|_p$ *tende vers zéro géométriquement quand n tend vers l'infini par valeurs entières rationnelles* > 0. *Alors* λ *est un nombre algébrique du corps de* α (5).

THÉORÈME III. — *Une condition nécessaire est suffisante pour qu'un nombre* α *de* Q *appartienne à* $\mathcal{C}$ *est que pour un* λ *convenable de* Q_p $\sum_{n=1}^{+\infty}[\lambda\alpha^n]^2$ *converge pour la valeur absolue ordinaire.* λ *est alors un nombre du corps de* α.

THÉORÈME IV. — *Soit* $\zeta \in Q_p$ *avec* $|\zeta|_p = 1$ *et* a_n *une suite d'entiers rationnels tels que :*

$$|a_n| \leqq cl^n, \qquad \left|\frac{a_{n+1}}{a_n} - \zeta\right|_p \leqq \frac{d}{l^{n(1+k)}},$$

c, d et k étant des constantes > 0, *l une constante* > 1. *Alors* ζ *est un entier algébrique dont le degré absolu n'excède pas* $1 + 1/k$.

THÉORÈME V. — *L'ensemble* $\mathcal{C}$ *est fermé.*

Les principes des démonstrations sont voisins de ceux utilisés dans le cas classique. Le théorème I résulte aisément du théorème de Rouché et de considérations élémentaires sur les corps de nombres algébriques. Dans les théorèmes II, III et IV le fait que la condition considérée est nécessaire suit immédiatement des définitions, le fait qu'elle est suffisante se démontre en établissant que la suite $u_n = [\lambda\alpha^n]$ pour II et III, respectivement $u_n = a_n$ pour IV, satisfait à une équation de récurrence linéaire et homogène à coefficients constants. On utilise pour cela le déterminant

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} u_1 & \dots & u_n \\ \dots & \dots & \dots \\ u_n & \dots & u_{2n-1} \end{vmatrix}$$

on majore $|\Delta_n|$ et $|\Delta_n|_p$, et ces majorations montrent que Δ_n est nul pour n assez grand, donc que la suite u_n est récurrente (critère de Kronecker). Le théorème V s'obtient en montrant que si $\theta \in \mathcal{C}$ on peut trouver un $\lambda = \lambda(\theta)$ avec $1 \leqq |\lambda|_p \leqq |\theta|_p$ tel que $\Sigma[\lambda\theta^n]^2 \leqq 1$, et en appliquant le théorème III à $\mu\alpha^n$, et α étant la limite d'une suite convergente d'éléments de $\mathcal{C}$ et μ la limite des λ correspondant aux éléments d'une suite extraite de la suite considérée.

---

(5) On peut remplacer la convergence géométrique vers zéro par une convergence plus faible.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Éléments de la théorie des processus à la fois stationnaires et de Markoff, dans le cas d'un système ayant une infinité dénombrable d'états possibles.* Note (*) de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'objet de la présente Note est de donner une définition infinitésimale des processus définis dans le titre, et d'en déduire un théorème qui semble difficile à déduire de la définition intégrale habituelle.

On définit généralement un tel processus en se donnant la probabilité $P_{h,k}(t)$ du passage en un temps $t \geq 0$ de l'état A_h à l'état A_k. Ces données étant surabondantes, il peut y avoir intérêt à donner une définition infinitésimale du processus. Nous introduirons dans ce but des coefficients λ_h et $P_{h,k}$ liés à $P_{h,k}(t)$ par les formules

$$\lambda_h = - P'_{h,h}(0), \text{ et si } \lambda_h \neq 0, \ P_{h,k} = \frac{1}{\lambda_h} P'_{h,k}(0) \quad [h \neq k].$$

Si les $P_{h,k}(t)$ sont continus, ces coefficients sont bien définis, et ≥ 0; en posant $P_{h,h} = 0$, on a $\alpha_h = \sum_k P_{h,k} \leq 1$. Nous supposerons ici $\alpha_h = 1$. Le cas où au moins certains α_h sont < 1 sera étudié dans un travail plus développé.

Si le système est initialement à l'état A_h, la probabilité qu'il le quitte pendant l'intervalle de temps dt est $\lambda_h dt$; en désignant par X (et plus loin par X_n) des variables aléatoires (toutes indépendantes) et telles que $\Pr\{X > x \geq 0\} = e^{-x}$, le temps T au bout duquel il quittera l'état A_h est de la forme X/λ_h. Si $\lambda_h = 0$, cela signifie que l'état A_h, s'il est réalisé, est définitif (¹). Si $\lambda_h > 0$, $P_{h,k}$ est la probabilité que le nouvel état du système à l'instant T soit A_k.

La suite $\{H_n\}$ des indices qui définissent les états successifs du système est une suite stationnaire et de Markoff, bien définie par les coefficients $p_{h,k}$. On peut d'abord l'étudier, sans faire intervenir le temps. Ensuite l'instant T_n où le système prend l'état A_{H_n} sera défini par la formule

$$(1) \qquad T_n - T_0 = \sum_1^n \frac{X_\nu}{\lambda'_\nu} \qquad (\lambda'_\nu = \lambda_{H_{\nu-1}}).$$

Nous poserons $S = \sum_1^\infty \frac{1}{\lambda'_\nu}$ et appellerons *cas fini* celui où S est *infini*; S dépendant des H_ν, c'est un événement aléatoire dont la probabilité peut

(*) Séance du 16 août 1950.

(¹) Inversement, $\lambda_h = \infty$ signifie que l'état A_h, si par hasard il est réalisé, disparaît instantanément. La probabilité qu'il soit réalisé à un instant donné est toujours nulle. On peut alors l'éliminer, en supposant que le système passe directement, et instantanément, de l'état qui le précéderait à celui qui le suivrait.

varier, suivant le processus considéré, de o à 1 (inclus). S'il est réalisé, le choix des T_h reste aléatoire, mais il est presque sûr que T_n augmente indéfiniment avec n. Alors on n'a, en un temps fini, qu'un nombre fini de changements d'états, et les probabilités des diverses évolutions possibles sont obtenues en fonction des seuls coefficients λ_h et $p_{h,k}$.

Si, au contraire, S est fini, on est dans le *cas transfini*; T_n tend pour n infini vers une limite T_ω. L'ensemble des instants suivant l'instant initial T_0 et où le système change d'état est dénombrable et bien ordonné. On peut lui appliquer la numération transfinie; n sera alors remplacé par un indice transfini ξ, variant de 1 à η. Ce nombre η est un nombre transfini de la seconde classe, à cela près quelconque; mais pour un processus donné il n'a qu'une infinité dénombrable de valeurs possibles, ayant chacune une probabilité positive.

Soit alors $\xi < \eta$. Si $\xi = \xi' + 1$, on passe de $H_{\xi'}$ à H_ξ comme dans le cas fini. Dans le cas contraire, $\xi' \to \xi$ signifiant que $\xi' < \xi$ dépasse tout ξ'' fixe $< \xi$, on a

$$\Pr\Big[H_\xi = k \,|\, \{H'\}\Big] = \lim_{t \to 0} \lim_{\xi' \to \xi} P_{H_{\xi'},k}(t) = \Phi_k[\{H'\}];$$

au premier membre et au troisième, $\{H'\}$, est la suite des $H_{\xi'}$ qui figurent au second.

Pour chaque suite $\{H'\}$, les Φ_k sont des coefficients $\geqq 0$, de somme unité. Pour k fixe, Φ_k est une fonction mesurable de $\{H'\}$, dans la région de l'espace des $\{H'\}$, où $\sum_{\xi'<\xi} \frac{1}{\lambda_{H_{\xi'}}} < \infty$; la mesure est ici la probabilité de la réalisation des différentes suites possibles. A notre nouveau point de vue, pour achever la définition du processus sans utiliser les fonctions $P_{h,k}(t)$, il faut se donner une fonctionnelle Φ vérifiant ces conditions.

Que ξ soit de première ou de deuxième espèce, la formule (1) subsiste quand on remplace n par ξ, et donne pour $T_\xi - T_0$ une variable aléatoire positive, à densité de probabilité positive de o à ∞. Elle donne une probabilité conditionnelle, la suite des H_ξ étant supposée connue; mais, si $\Pr\{S_\xi < \infty\} > 0$, le résultat s'applique aussi à la probabilité absolue.

Soit alors $P_{h,k}$ la probabilité que, partant de l'état A_h, le système prenne au moins une fois l'état A_k. Dire que $P_{h,k} > 0$, c'est dire qu'il y a au moins un nombre ξ, fini ou transfini, tel qu'on ait avec une probabilité positive $S_\xi < \infty$ et $H_\xi = k$. Si alors $t > 0$, il y a toujours une probabilité positive que $T_\xi < t < T_{\xi+1}$. Donc :

Théorème. — *Si* $P_{h,k} > 0$, $P_{h,k}(t)$ *est toujours positif. Si* $P_{h,k} = 0$, $P_{h,k}(t)$ *est toujours nul.* Le premier cas est toujours réalisé pour $h = k$; alors $P_{h,h}(t) \geqq e^{-\lambda_h t}$.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'influence mutuelle des particules dans l'essaim météorique.* Note de M. **Miroslav Plavec**, présentée par M. André Danjon.

Dans les recherches concernant les orbites des météores on suppose généralement que l'attraction mutuelle des particules dans l'essaim météorique est négligeable. J'examine de plus près la question de l'influence mutuelle des particules dans l'essaim météorique, en adoptant les mêmes suppositions que, par exemple, MM. Whipple et Wyatt (¹) dans leur dernier Mémoire sur l'effet de Poynting-Robertson. Je considère des particules sphériques de dimensions suffisamment grandes par rapport à la longueur d'onde de la lumière, qui absorbent parfaitement le rayonnement solaire et l'émettent isotropiquement.

Considérons deux particules de demi-diamètres α_1 et α_2, à la distance de r unités astronomiques du Soleil. L'attraction mutuelle est

$$F_1 = g\frac{16}{9}\pi^2\rho^2\frac{\alpha_1^3\alpha_2^3}{d^2}.$$

Mais il faut tenir compte aussi de la force répulsive du rayonnement lumineux qui est donnée, d'après M. Robertson (²), par la formule

$$F_2 = \frac{\pi\alpha_1^2\alpha_2^2 K}{4cd^2r^2},$$

où les lettres g, d, k, ρ et c signifient respectivement la constante newtonienne de gravitation, la distance mutuelle de deux particules, la constante solaire, la densité des particules et la vitesse de la lumière, toutes ces quantités exprimées en unités CGS. La force résultante est alors

$$F_1 - F_2 = \frac{\pi\alpha_2^1\alpha_2^2}{d^2}\left[\frac{16}{9}g\pi\rho^2\alpha_1\alpha_2 - \frac{K}{4cr^2}\right].$$

Le signe de la force résultante F ne dépend que de la valeur des expressions entre les crochets. Pour la distance r égale à une unité astronomique et pour $\rho = 3,2$, la valeur de ces expressions devient

$$3,811.10^{-6}\alpha_1\alpha_2 - 1,126.10^{-5}.$$

Donc, deux particules de demi-diamètres égaux n'exercent aucune influence l'une sur l'autre pour la valeur de $\alpha = 1^{cm},7$. Une étoile filante de ces dimensions aurait une magnitude d'environ -7^m. On voit aussi que les particules s'éloi-

---

(¹) F. L. Whipple et S. Wyatt, *The Poynting-Robertson effect on meteor orbits* (*Astrophysical. J.*, Vol. **101**, January 1950).

(²) H. P. Robertson, *Dynamical effects of radiation* (*M. N.*, **97**, 1937, p. 423).

gneraient mutuellement pour

$$\alpha_1\alpha_2 < 2^{\text{cm}^2},954.$$

En réalité, la force répulsive résultante est tout à fait négligeable, les distances des particules étant très grandes. En admettant, par exemple, les valeurs $\alpha_1 = \alpha_2 = 0^{\text{cm}},1$, $d = 100^{\text{km}}$, $r = 1$ unité astronomique, cette force devient $F = 3.10^{-23}$ dyne. Par conséquent, le demi-diamètre des météores ne dépassant pas en réalité la valeur de 1^{cm}, les particules d'un essaim météorique se meuvent tout à fait indépendamment l'une de l'autre. Considérons aussi le noyau d'une comète. Je choisis comme exemple la comète Pons-Winnecke, dont le noyau avait le demi-diamètre $\alpha_1 = 200^{\text{m}}$. A la distance de la Terre du Soleil, un noyau de cette grandeur attire toutes les particules pour lesquelles $\alpha_2 > 10^{-4}$ cm. Cependant, le rayon d'action pour lequel l'attraction du noyau est plus forte que l'influence du rayonnement solaire, même l'effet de Poynting-Robertson [1], [2], se montre très limité. On a pour le rapport de ces deux forces

$$\frac{\text{effet Poynting-Robertson}}{\text{gravitation}} = \frac{9\,\text{K}\,\text{V}\,d^2}{16\,g\,\rho^2\alpha_1^3\alpha_2 c^2 r^2},$$

où V signifie la vitesse de la particule dans son orbite. Pour la vitesse parabolique et en mettant $r = 1$ un. astr. $\rho = 3,2$, ce rapport devient égal à $8,32.10^{-12}\, d^2/\alpha_2$. Pour le cas d'une particule de demi-diamètre $\alpha_2 = 0^{\text{cm}},1$ les deux forces deviendraient égales déjà pour une distance $d = 1^{\text{km}}$, qui séparerait la particule du bloc principal. La théorie conduit donc au résultat qu'une comète ne peut garder son noyau qu'en dimensions très limitées. Ce résultat n'est pas valable pour les particules très petites qui forment l'atmosphère gaseuse de la comète.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie unitaire affine I. Choix des tenseurs de base et obtention de l'équation fondamentale.* Note (*) de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Je restreins le nombre des tenseurs de base en m'inspirant des principes d'Einstein. Sans faire appel à l'hypothèse w; $\rho = 0$ de cet auteur, j'obtiens une relation analogue et une équation qui généralise l'équation fondamentale de la relativité générale. On peut lui appliquer la méthode de résolution développée dans un travail précédent [1].

Une fonction $\mathfrak{A}$ dépend des tenseurs du second rang qu'on peut former, par contraction, à partir du tenseur de courbure

$$(1) \qquad R^{\varepsilon}_{\mu\nu\rho}(\Delta) = \partial_\rho \Delta^{\varepsilon}_{\mu\nu} - \partial_\nu \Delta^{\varepsilon}_{\mu\rho} + \Delta^{\varepsilon}_{\lambda\rho}\Delta^{\lambda}_{\mu\nu} - \Delta^{\lambda}_{\mu\rho}\Delta^{\varepsilon}_{\lambda\nu}.$$

(*) Séance du 7 août 1950.

[1] M.-A. Tonnelat, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 368.

Dans le cas de coefficients de connexion quelconques

$$(2)\qquad 2\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = 2\Gamma^{\rho}_{\mu\nu} + \Lambda^{\rho}_{\mu\nu} \quad (\Gamma_{\rho} = \Gamma^{\mu}_{\rho\mu},\ \Lambda_{\rho} = \Lambda^{\mu}_{\rho\mu}),$$

dont $\Gamma^{\rho}_{\mu\nu}$ et $\Lambda^{\rho}_{\mu\nu}$ représentent les parties symétrique et antisymétrique, on doit considérer, à côté de $R^{\varepsilon}_{\mu\nu\rho}(\Delta)$, le tenseur $\tilde{R}^{\varepsilon}_{\mu\nu\rho} = R^{\varepsilon}_{\mu\nu\rho}(\tilde{\Delta})$ obtenu en changeant dans (1) les coefficients $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$ en

$$(3)\qquad \tilde{\Delta}^{\rho}_{\mu\nu} = \Delta^{\rho}_{\nu\mu}.$$

$R^{\xi}_{\mu\nu\rho}$ et $\tilde{R}^{\xi}_{\mu\nu\rho}$ donnent, par contraction, 4 tenseurs du second rang $\tilde{R}^{\rho}_{\mu\nu\rho}$, $\tilde{R}^{\rho}_{\rho\mu\nu}$, $\tilde{R}^{\rho}_{\mu\nu\rho}$, $\tilde{R}^{\rho}_{\rho\mu\nu}$ auxquels on peut adjoindre le tenseur $I_{\mu\nu} = \Lambda_{\mu}\Lambda_{\nu}$. Par l'intermédiaire de ces 5 tenseurs la fonction d'action dépend des $64\Delta^{\rho}_{\nu\mu}$.

Dans un travail récent [2], Einstein essaie de réduire le nombre des tenseurs de base en adoptant l'hypothèse suivante : les seuls tenseurs de base à considérer sont les tenseurs *hermitiens*, c'est-à-dire ceux qui ne sont pas modifiés quand on change simultanément dans leur expression μ en ν et Δ en $\tilde{\Delta}$. On est alors conduit à conserver les seules combinaisons hermitiennes

$$(4)\qquad \begin{aligned} 4R_{\mu\nu} &= 2(R^{\rho}_{\mu\nu\rho} + \tilde{R}^{\rho}_{\nu\mu\rho}) - (R^{\rho}_{\rho\mu\nu} + \tilde{R}^{\rho}_{\rho\nu\mu}) \\ &= 4\partial_{\rho}\Delta^{\rho}_{\mu\nu} - 2(\partial_{\mu}\Gamma_{\nu} + \partial_{\nu}\Gamma_{\mu}) + 4\Delta^{\lambda}_{\mu\nu}\Gamma_{\lambda} - 4\Delta^{\lambda}_{\mu\rho}\Delta^{\rho}_{\lambda\nu}, \end{aligned}$$

$$(5)\qquad H_{\mu\nu} = R^{\rho}_{\rho\mu\nu} + \tilde{R}^{\rho}_{\rho\nu\mu} = \partial_{\mu}\Lambda_{\nu} - \partial_{\nu}\Lambda_{\mu}.$$

$$(6)\qquad I_{\mu\nu} = \Lambda_{\mu}\Lambda_{\nu}.$$

D'autre part, on a intérêt à substituer provisoirement à $R_{\mu\nu}$ la combinaison linéaire

$$(7)\qquad U_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} + \frac{1}{6}H_{\mu\nu} - \frac{1}{12}I_{\mu\nu},$$

qui ne dépend pas de φ_{ρ} dans une transformation $\Delta^{\rho}_{\mu\nu} = \overset{\star}{\Delta}{}^{\rho}_{\mu\nu} + (\delta^{\rho}_{\mu}\varphi_{\nu} - \delta^{\rho}_{\nu}\varphi_{\mu})$. En particulier, si $6\varphi_{\rho} = -\Lambda_{\rho}$, $U_{\mu\nu}(\Delta) = U_{\mu\nu}(\overset{\star}{\Delta}) = R_{\mu\nu}(\overset{\star}{\Delta})$ n'est fonction que de 60 variables indépendantes $\overset{\star}{\Delta}$, car $\overset{\star}{\Lambda}_{\mu} = \overset{\star}{\Lambda}{}^{\rho}_{\mu\rho} = 0$. Au contraire $H_{\rho\nu}$ et $I_{\mu\nu}$ dépendent uniquement des $4\Lambda_{\rho}$. Ces résultats, dus à Einstein, étant rappelés, définissons les densités

$$(8)\qquad \mathcal{R}^{\mu\nu} = \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial U_{\mu\nu}},\quad \mathcal{H}^{\mu\nu} = \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial H_{\mu\nu}},\quad \mathcal{I}^{\mu\nu} = \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_{\mu\nu}},$$

$$(9)\qquad \mathcal{R}^{\mu\nu} = \mathcal{G}^{\mu\nu} - \mathcal{F}^{\mu\nu} \quad (\mathcal{G}\ \text{sym.},\ \mathcal{F}\ \text{antisym. en}\ \mu,\ \nu).$$

Introduisons le tenseur

$$(10)\qquad r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} - \varphi_{\mu\nu}$$

---

[2] A. Einstein, *The meaning of Relativity*, 1950.

dont les éléments forment les déterminants r, γ et φ. Les mineurs relatifs à chaque $r_{\mu\nu}$, $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$ sont $rr^{\mu\nu}$, $\gamma\gamma^{\mu\nu}$, $\varphi\varphi^{\mu\nu}$. $r_{\mu\nu}$ se rattache à la densité $\mathcal{R}^{\mu\nu}$ en posant $\mathcal{R}^{\mu\nu} = \sqrt{-r}\, r^{\mu\nu}$. Les équations d'Euler équivalentes au principe variationnel $\delta \int \mathfrak{A}\, d\tau = 0$ conduisent aux deux groupes suivants :

1° D'une part :

$$\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\nu}}; \overset{\star}{\rho} = -\frac{1}{3}\left(\delta^{\mu}_{\rho}\mathcal{F}^{\nu} - \delta^{\nu}_{\rho}\mathcal{F}^{\mu}\right) \tag{I}$$

en adoptant les notations d'Enstein :

$$\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\nu}}; \overset{\star}{\rho} = \partial_{\rho}\mathcal{R}^{\mu\nu} + \overset{\star}{\Delta}{}^{\mu}_{\sigma\rho}\mathcal{R}^{\sigma\nu} + \overset{\star}{\Delta}{}^{\nu}_{\rho\sigma}\mathcal{R}^{\mu\sigma} - \mathcal{R}^{\mu\nu}\overset{\star}{\Gamma}_{\rho}$$

et en posant $\mathcal{F}^{\mu} = \partial_{\rho}\mathcal{F}^{\mu\nu}$.

2° D'autre part :

$$\partial_{\sigma}\mathcal{H}^{\sigma\rho} = \mathcal{I}^{\rho\sigma}\Lambda_{\sigma}. \tag{II}$$

Si l'on écarte la solution $\Lambda_{\rho} = 0$, (II) nous montre que le champ en rotationnel $H_{\mu\nu}$ défini par (5) introduit une densité $\mathcal{H}^{\mu\nu}$ dont la divergence s'exprime en fonction du potentiel Λ_{ρ}. Revenons au groupe (I). Le changement de variables :

$$6\overset{\star}{\Delta}{}^{\rho}_{\mu\nu} = 6\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} + 3 r_{\mu\nu}\bar{f}^{\rho} - (\delta^{\rho}_{\mu}r_{\lambda\nu} - \delta^{\rho}_{\nu}r_{\mu\lambda})f^{\lambda} + 3(\delta^{\rho}_{\mu}r_{\nu\lambda} - \delta^{\rho}_{\mu}r_{\mu\lambda})(f^{\lambda} + \bar{f}^{\lambda}) \tag{13}$$

avec

$$\sqrt{-r}\, f^{\sigma} = \mathcal{F}^{\sigma}, \qquad \bar{f}^{\rho} = \gamma^{\rho\lambda}\varphi_{\lambda\sigma}f^{\sigma}, \tag{14}$$

permet d'écrire très simplement les équations (I)

$$\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\nu}}; \rho' = 0 \tag{I'}$$

qui généralisent les équations $\mathcal{G}^{\mu\nu}; \rho = 0$ de la relativité générale. Enfin, en posant $w = \sqrt{-r}$, il résulte de (I′) :

$$w; \rho' = 0. \tag{15}$$

Einstein rapporte les équations (I′) et (15) aux coefficients $\overset{\star}{\Delta}$. Il obtient, par conséquent, des équations avec second membre. C'est pour le supprimer et obtenir $\mathcal{R}^{\underset{+-}{\mu\nu}}; \overset{\star}{\rho} = 0$, $w; \overset{\star}{\rho} = 0$ qu'il est amené à poser $f^{\rho} = 0$. Ayant obtenu les relations sans second membre (I′) et (15) nous ne ferons pas l'hypothèse $f^{\rho} = 0$ et nous résoudrons (I′) dans le cas général.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Production de deutons rapides par collision de nucléons rapides avec un noyau.* Note (*) de M. **Jean Heidmann**, transmise par M. Louis Leprince-Ringuet.

La production de deutons d'énergie cinétique très supérieure à leur énergie de liaison a été mise en évidence dans les étoiles cosmiques ([1]) et dans les études faites au cyclotron de Berkeley ([2]), ([3]), ([4]). Les travaux les plus poussés ont été faits par York en bombardant des cibles de C, Cu et Pb par des neutrons de 90 MeV.

Un calcul de la section efficace de production de tels deutons a été fait par Chew et Goldberger ([5]), donnant l'essentiel du mécanisme. Ce calcul a cependant un caractère semi-empirique par le fait que l'une des données essentielles, savoir la fonction d'onde d'un nucléon du noyau bombardé, est déduite de la répartition angulaire expérimentale des deutons formés.

Un calcul ne possédant pas ce caractère semi-empirique peut être fait par deux approches différentes : 1° dans le cas d'un noyau léger de masse atomique multiple de quatre, on se ramène par le modèle *particule alpha* de Wheeler au calcul de la section de production de deuton par nucléon bombardant He ([6]); 2° dans le cas d'un noyau lourd, on se sert d'un modèle statistique. Dans cette Note nous donnons un résumé des résultats obtenus par cette seconde approche.

Pour des nucléons incidents d'énergie supérieure à 90 MeV l'approximation de Born est utilisable et la perturbation se réduit à la partie triplette paire de l'interaction entre le nucléon incident, 0, et le nucléon qui sera capté, 1. On est ensuite amené à calculer la fonction d'onde initiale du nucléon 1 dans l'espace des moments ([5]). Pour de faibles moments elle se réduit à la distribution de Fermi au zéro absolu. Pour des moments non petits, il est nécessaire d'introduire une correction, due à l'interaction du nucléon 1 avec un autre nucléon, 2, du noyau, ce qui est fait par l'emploi d'une fonction de Hulthen convenable. La relation de conservation de l'énergie, assez inextricable, est alors introduite sous une forme approchée, et le calcul peut se poursuivre

---

(*) Séance du 16 août 1950.

([1]) T. F. Hoang, Jauneau et Morellet, *Cosmic radiation*, London, Butterworth's Scientific Publication, Ltd., 1949.

([2]) Brueckner et al., *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1274.

([3]) York, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1467 et *These*, Univ. of California, Radiation Laboratory, 1949.

([4]) Cuer, Morand et van Rossum, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 481.

([5]) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 470.

([6]) Heidmann, *Phil. Mag.*, 41, 1950, p. 444.

analytiquement pour de grands moments. Un calcul numérique est ensuite fait pour un moment intermédiaire, et le tout est interpolé par une distribution de Fermi de température 9 MeV, en accord avec les mesures de York (*fig.* 1, en ordonnées arbitraires).

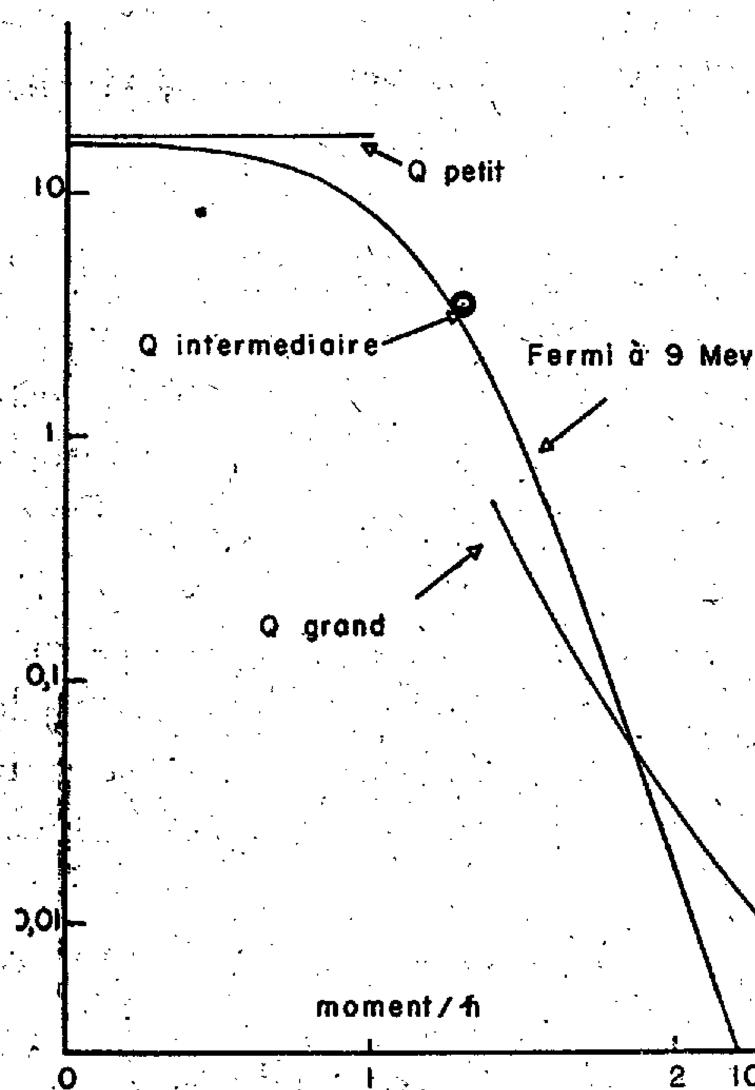


Fig. 1.

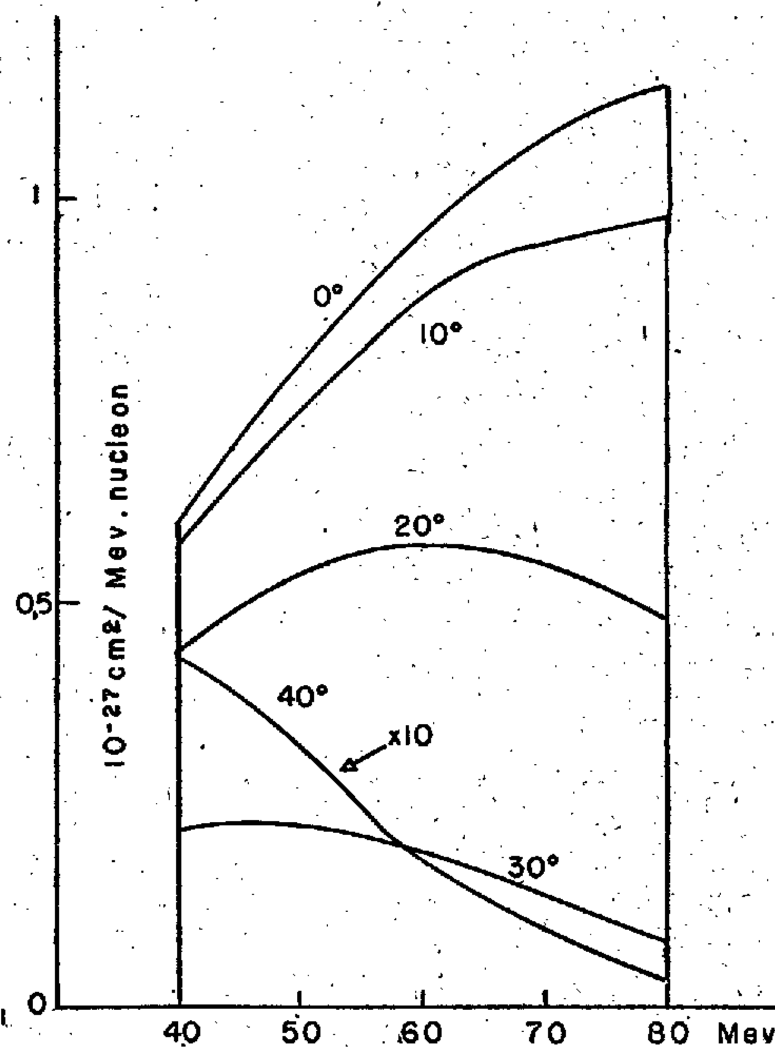


Fig. 2.

A 90 MeV on obtient alors une répartition angulaire et énergétique des deutons formés comme montrée sur la figure 2 (où les limites abruptes du spectre proviennent de l'approximation faite dans l'introduction de la relation de conservation de l'énergie). Le groupe secondaire de deutons observé par York à de grands angles semble expliqué.

Par intégration graphique on trouve que la section totale de production de deutons est $1,9.10^{-26}$ cm² par nucléon.

Il est difficile de comparer cette valeur avec les résultats expérimentaux, car il faudrait calculer la probabilité qu'a le deuton d'être désintégré lors de sa sortie du noyau; une grossière estimation montre cependant que, quoique un peu grand, le résultat tombe dans ce que l'on peut attendre de l'approximation de Born.

Enfin la dépendance de la section avec l'énergie E du nucléon incident est calculée avec les formes asymptotiques obtenues. On trouve ainsi que la dispersion angulaire des deutons devient constante, avec une demi-largeur de 7 degrés; que le spectre des deutons devient une ligne étroite centrée à 8 E/9, le noyau prenant une excitation E/9 sous forme d'énergie cinétique donnée au

nucléon 2; et que la section totale devient, pour $E > 500$ MeV, proportionnelle à $1E/6$ [comme dans le cas de capture d'un électron par un ion He^{+} bombardant du gaz hydrogène ([7])] : $\sigma = 7,7.10^{-25} (100/E_{MeV})^6$ cm² par nucléon.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Induction par le peroxyde de di-butyle tertiaire de la pyrolyse homogène de l'acétaldéhyde gazeux.* Note (*) de MM. **André Boyer**, **Michel Niclause** et **Maurice Letort**, transmise par M. Paul Pascal.

Dans le cadre des recherches poursuivies dans ce laboratoire sur le mécanisme de pyrolyse de l'acétaldéhyde gazeux et sur l'induction par des traces d'oxygène ([1]) de cette pyrolyse, nous avons étudié l'induction de cette décomposition thermique par de petites quantités de peroxyde de di-butyle tertiaire. Ce produit nous a été fourni par le Dr W. E. Vaughan (Shell Development Company).

La réaction a été étudiée systématiquement entre 150 et 212° C à des pressions comprises entre 140 et 480 mm Hg et pour des concentrations en peroxyde variant de 0,05 à 3 % en volume. La réaction qui se fait avec augmentation de volume ($CH_3CHO = CO + CH_4$) est suivie manométriquement par la méthode statique ([1]).

Comme dans le cas des traces d'oxygène, l'expérience montre que ce peroxyde permet d'induire la pyrolyse dès 150° C, c'est-à-dire à 300° plus bas environ que le seuil de décomposition thermique de l'acétaldéhyde pur.

On observe également dans ce cas que la quantité d'aldéhyde décomposé est *limitée*. Cette quantité permet de calculer aisément le nombre N de molécules CH_3 CHO décomposées en moyenne par molécule de peroxyde.

Dans l'ampoule *vide* en pyrex de 182 cm³ de volume et de rapport surface/volume égal à 1,24 cm⁻¹, conditions pour lesquelles ont été obtenus les résultats donnés ci-dessous, la réaction peut être considérée comme homogène. En effet, la vitesse initiale v_0 et le nombre N diminuent seulement de 5 à 20 % lorsqu'on multiplie par un facteur de 10 le rapport surface/volume du vase-laboratoire.

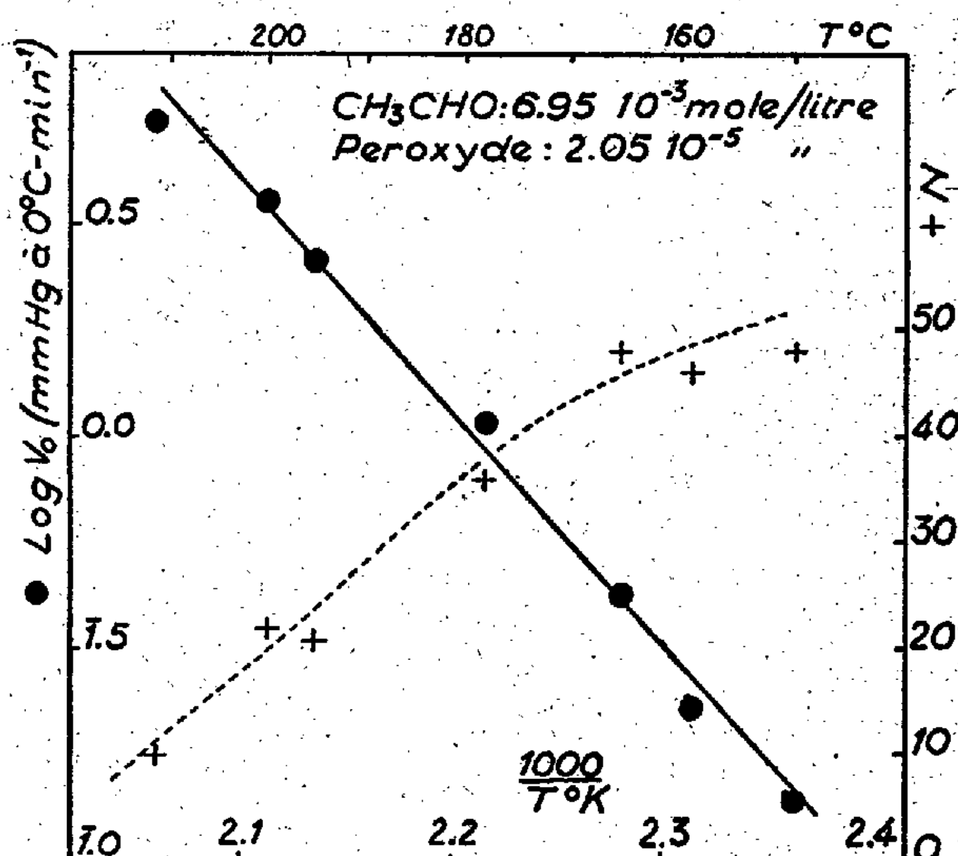
L'étude de l'influence de la température sur la vitesse v_0 et sur le nombre N, pour des concentrations constantes des réactifs (pressions, à 0° C, de 0,35 mm Hg de peroxyde et de 118 mm Hg d'aldéhyde), permet de déterminer l'énergie d'activation globale E de la réaction. Elle est égale à 25,5 kcal (*cf.* figure).

([7]) Brinkmann et Kramers, *K. Wet. Amst.*, 33, 1930, p. 973.

(*) Séance du 16 août 1950.

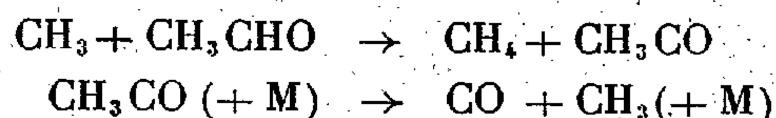
([1]) M. Niclause et M. Letort, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 77; *Revue Inst. franç. pétrole*, 1949, p. 319 (Colloque intern. cinétique, Paris, avril 1948).

La figure montre également que le nombre N décroît de 50 à 10 environ lorsque la température passe de 150 à 212° C. Pour une même température, ce nombre N décroît lorsque la concentration en peroxyde augmente.



La vitesse initiale v_0 est d'un *ordre net et égal à 1/2 par rapport au peroxyde*. Par contre, l'ordre par rapport à CH_3CHO est assez mal défini. Il est compris toutefois entre 1/2 et 1.

Raley, Rust et Vaughan (²) ont montré que la molécule de peroxyde de di-butyle tertiaire $(CH_3)_3COOC(CH_3)_3$ se décompose thermiquement en donnant naissance, en outre de deux molécules d'acétone, à deux radicaux libres CH_3. Il paraît donc clair, étant donné cette observation d'une part et les présents résultats d'autre part, que la réaction que nous avons étudiée met en œuvre un mécanisme en chaînes initiées par le peroxyde. Les chaînes se propagent très vraisemblablement par les processus :



$$CH_3 + CH_3CHO \rightarrow CH_4 + CH_3CO$$
$$CH_3CO\ (+M) \rightarrow CO + CH_3\ (+M)$$

La présente étude fera ultérieurement l'objet d'une publication détaillée où seront discutées les analogies et dissemblances entre l'effet du peroxyde de di-butyle tertiaire et celui des traces d'oxygène, ainsi que le mécanisme de la réaction induite dans un cas et dans l'autre.

(²) *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 88.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les transformations chimiques apportées par l'action des frottements au cours du broyage à température ambiante.* Note (*) de Mme **Lucienne Lecuir** et M. **Henry Bilde**, transmise par M. Paul Pascal.

Les expériences de Spring ([1]) l'ont conduit à conclure que l'agglomération sous pression s'effectuait sans que celle-ci entraînât une fusion de la poudre écrasée, par suite de son échauffement par frottement. A sa suite, la plupart des auteurs ont considéré les réactions par broyage comme la conséquence de multiples facteurs, sans attacher un rôle particulier à l'échauffement par frottement. Parmi ces facteurs, à côté du rôle de l'eau adsorbée, ces auteurs ([2]), ([3]) attribuent un rôle prépondérant à la pression et aux contacts qui en résultent.

Nous avons procédé à des expériences portant sur l'action du broyage, non sur un mélange, mais sur un seul composé dont l'observation est facilitée par le changement de coloration du bleu ou bleu vert au noir que présentent par décomposition l'hydroxyde de Peligot, $Cu(OH)_2$ et les carbonates de cuivre basiques. Au cours du broyage, ces produits se recouvrent de taches noirâtres. Nous avons constaté que le développement de cette coloration dépendait de la nature du mortier et du pilon utilisés.

Pour des surfaces caractérisées par un poli suffisant (mortier d'agate), un broyage prolongé est nécessaire pour faire apparaître la coloration noire; par contre, pour des matières rugueuses et dures (porcelaine non émaillée, magnésie et alumine exemptes d'alcalins), l'écrasement de la poudre détermine immédiatement des traînées noires dont la formation est d'autant plus facile que les surfaces sont elles-mêmes plus abrasives. La décomposition connue, par broyage, de corps caractérisés par leur tension de vapeur à la température ambiante (sels ammoniacaux) peut donc être obtenue pour des corps plus stables sur lesquels l'action des frottements se différencie nettement de celle de la pression.

Il est connu d'autre part ([4]), ([5]) que dans l'agglomération sous pression, les zones de l'échantillon localisées sur les parois du moule à partir de la surface du piston correspondent aux frottements maxima résultant de l'écrasement de la poudre. On doit donc s'attendre pour une pression suffisante à voir

---

(*) Séance du 16 août 1950.

([1]) *Ann. Chim. Phys.*, 5e série, **22**, p. 170.

([2]) Mme Mathieu, MM. Mathieu et Païc, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 416.

([3]) Taradoire, *Bull. Soc. Chim.*, 1940, p. 721.

([4]) Balchin, *Vestn. Mettaprom.*, no, **17**, p. 87-120.

([5]) R. Lecuir, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 191-193.

se développer le changement de coloration dans ces seules zones privilégiées. L'expérience montre, en effet, l'apparition de ce phénomène pour une pression d'agglomération de 2000 kg/cm², cette coloration devenant intense pour des pressions allant de 10 à 14000 kg/cm². La coupe de l'échantillon confirme la localisation de la coloration noire aux zones correspondantes.

Cependant, un simple changement de coloration est insuffisant pour permettre de conclure à une décomposition du produit initial, d'autant plus que l'abrasion des parois du moule dans ces dernières expériences peut créer une confusion avec la coloration observée. Pour étudier cette réaction de surface, nous avons procédé à l'étude par diffraction électronique des échantillons obtenus, en les comparant à l'oxyde de cuivre noir préparé par voie humide et à celui résultant de la calcination du produit initial.



Diagramme 1.

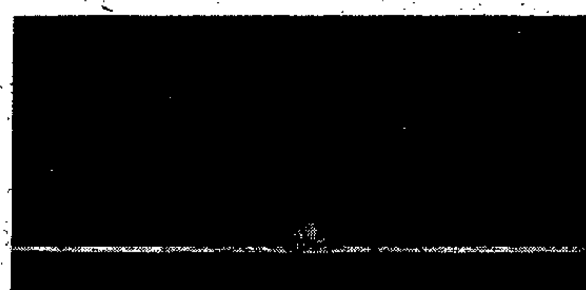


Diagramme 2.

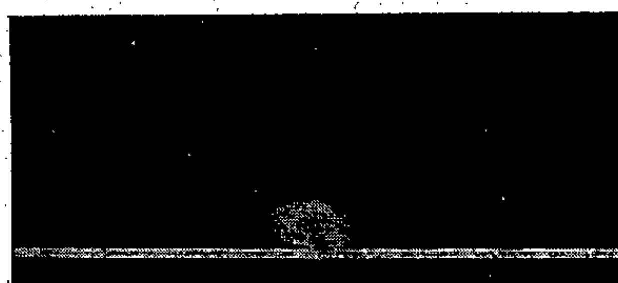


Diagramme 3.

Les diagrammes des surfaces noires obtenues par broyage ou dans les zones de frottement maxima des agglomérés sont identiques (diagramme 1) et diffèrent du diagramme de la poudre initiale, lui-même identique à celui qu'on obtient par des zones de faible frottement dans l'aggloméré (diagramme 2) il y apparaît une raie correspondant à 1,85 Å et le renforcement des deux raies correspondant sensiblement à 3,05 Å et 2,95 Å. Nous nous proposons de poursuivre les expériences pour préciser ce résultat, car ces raies ne peuvent être attribuées à l'oxyde de cuivre anhydre dont le diagramme de diffraction électronique (diagramme 3) est identique sur les produits obtenus par voie humide et par voie sèche, confirmant ainsi les résultats obtenus par diagramme X ([6]).

Ces diagrammes montrent le rôle privilégié des frottements dans la décom-

([6]) Champetier et Thuau, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 93.

position de la poudre étudiée donnant un corps à l'état naissant et par suite de réactivité accrue et, l'importance d'un phénomène thermique (généralement négligé à côté des phénomènes de contact dus à la pression) dans l'interprétation des réactions par broyage à la température ordinaire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Obtention d'amines tertiaires appartenant à la série cyclohexanique.* Note de MM. **Max Mousseron, Jean Jullien** et Mlle **Magdeleine Canet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous rapportons certains résultats basés sur la déshalogénation de la chloro-2 cyclohexanone par quelques amines secondaires, complétant ainsi une série de composés déjà étudiés (1).

La diméthylamine aqueuse à 25 % réagissant sur la chloro-2 cyclohexanone conduit à un mélange de N-diméthylamino-2 cyclohexanone (I), de N-diméthylamino-1 époxy-1.2 cyclohexane (II) et de N-diméthyl cyclopentane carboxamide (III).

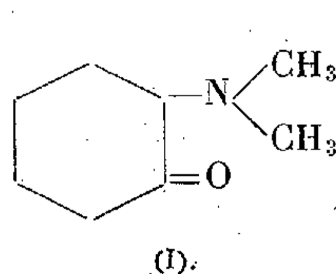
A 15°, on obtient presque uniquement le N-diméthylamino-1 époxy-1.2 cyclohexane, tandis qu'à l'autoclave à 130° il se forme à peu près exclusivement la N-diméthylamino-2 cyclohexanone :

Cétone (I) : Eb_{15} 94°, n_D^{25} 1,4658, d_{25} 0,954, N % 9,9, picrate F 114-115°.

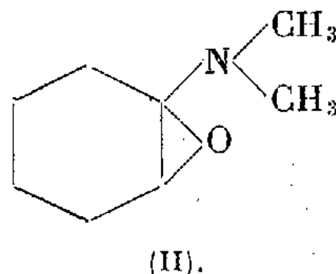
Époxyde (II) : Eb_{15} 87°, n_D^{25} 1,4685, d_{25} 0,940, N % 10,1, picrate F 154-155°.

La N-diméthylamino-2 cyclohexanone est également obtenue à partir de l'époxy-1.2 cyano-1 cyclohexane et de la diméthylamine (2).

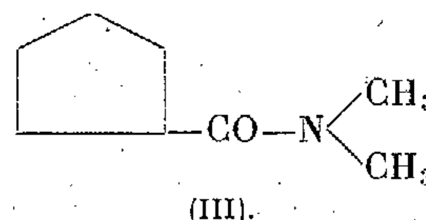
La déshalogénation de la chloro-2 cyclohexanone semble être précédée de la formation d'un composé d'addition, le N-diméthylamino-1 chloro-2 cyclohexanol, qu'on parvient à isoler cristallisé dans l'action de la diméthylamine sur la chlorocétone à 0°. Ce composé, fusible vers 50°, est très instable en régénérant la chlorocétone ; traité à froid par la soude aqueuse il donne un mélange de N-diméthylamino-1 époxy-1.2 cyclohexane (II) et de N-diméthyl cyclopentane carboxamide (III); en opérant à chaud on isole également la N-diméthyl amino-2 cyclohexanone (I) et la cyclohexanol-1 one-2.



(I).



(II).



(III).

L'hydrogénation à froid soit au Ni Raney, soit au Pt Adams de la N-diméthylamino-2 cyclohexanone conduit au N-diméthylamino-2 cyclo-

(1) M. Mousseron et R. Granger, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 14, 1947, p. 850.

(2) M. Mousseron et J. Jullien, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 410.

hexanol *cis* (Eb_{15} 98°, F 43-44°, picrate F 162-163°) identique au produit obtenu en diméthylant l'amino-2 cyclohexanol *cis* (³) par chauffage avec le formol et l'acide formique (⁴). L'hydrogénation au charbon palladié est négative.

Parallèlement, l'hydrogénation prolongée au platine du N-diméthylamino-1 époxy-1.2 cyclohexane conduit partiellement par aminolyse et élimination de diméthylamine, au cyclohexanol identifié par oxydation chromique.

Par traitement par la soude aqueuse à 10 %, l'époxyde aminé (II) s'isomérise en aminocétone (I) et en amide substitué (III). Cet amide indistillable sans décomposition sous 15^{mm}, a été caractérisé par saponification alcaline avec passage à l'acide cyclopentanecarboxylique (amide F 178°).

Le bromure de méthylmagnésium conduit, à partir de la N-diméthylamino-2 cyclohexanone (I) au N-diméthylamino-2 méthyl-1 cyclohexanol (Eb_{15} 100°, n_D^{25} 1,4720, d_{25} 0,930, N % 8,8). La recristallisation du picrate, F 180-181°, montre que l'on est en présence d'un seul des deux stéréoisomères, vraisemblablement *cis*, car le dérivé *trans*, préparé par action de la diméthylamine sur le méthyl-1 époxy-1.2 cyclohexane possède un picrate fusible à 200-201°.

De même le bromure d'éthylmagnésium conduit à partir de la N-diméthylamino-2 cyclohexanone (I) au N-diméthylamino-2 éthyl-1 cyclohexanol *cis* (Eb_{15} 110°, n_D^{25} 1,4695, d_{25} 0,930, N % 7,7).

Signalons qu'en remplaçant la diméthylamine par la diéthylamine, la chloro-2 cyclohexanone fournit la N-diéthylamino-2 cyclohexanone (Eb_{15} 106°, picrate F 110-111°) qui donne par hydrogénation catalytique le N-diéthylamino-2 cyclohexanol, vraisemblablement *cis* (Eb_{15} 108°, picrate F 79-80°).

GÉOLOGIE. — *Diapirs triasiques et phases orogéniques dans les Monts de Téboursouk (Tunisie septentrionale).* Note (*) de M. **Jean Bolze**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Des levés détaillés dans les Monts de Téboursouk, à 100^{km} au SW de Tunis, me permettent d'ores et déjà d'apporter des résultats nouveaux quant à la succession des phases orogéniques et à l'âge des diapirs triasiques qui s'y montrent si fréquents.

J'ai précisé comme suit la série locale (¹). Le Crétacé comprend 6000^{m} de sédiments où l'on peut reconnaître tous les étages du Barrémien au Maëstrichtien; il est surmonté, en continuité, par 200^{m} de marnes suessonniennes

(³) M. Mousseron et R. Jacquier, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 216.

(⁴) A. Skita et H. Rolfes, *Ber. d. chem. Ges.*, 53, 1920, p. 1250.

(*) Séance du 31 juillet 1950.

(¹) *Cf.* M. Solignac, *Thèse Sciences*, Lyon, 1927; V. Schtepinsky, *B. S. G. F.*, 5, V, 1935, p. 441.

(= Danien-Éocène inf.). L'Éocène moyen inaugure un nouveau cycle avec des couches détritiques à petites Nummulites (Yprésien), suivies de calcaires à grandes Nummulites lutétiennes et de marnes à Huîtres. Après une lacune de l'Oligocène, le Burdigalien marin est transgressif et daté par une faune de Mollusques. Au-dessus se développe une série rouge, argileuse et conglomératique, puissante d'un millier de mètres, représentant le Miocène supérieur et englobant peut-être le Pliocène.

Les terrains affleurent largement dans une suite d'anticlinaux et de synclinaux, d'allure somme toute assez simple. Mais au milieu de cette tranquillité apparente surgissent des masses de Trias argilo-gypseux avec cargneules. L'âge de la mise en place de ces diapirs n'avait jamais été précisé.

Or j'ai pu mettre en évidence la succession de quatre phases de plissement pendant l'ère tertiaire.

1. Une *phase préliminaire*. — Près de la maison cantonnière d'Oued Kedim, 20[km] à l'Ouest du Krib, les couches yprésiennes contiennent en abondance des cristaux bipyramidés de quartz noir, provenant indiscutablement du Trias, remaniés et mêlés à de petites Nummulites. On observe le même fait à Aïn Rharsallah, à l'Est du Krib. Bien qu'on n'ait pu observer de véritables plissements, la découverte précédente et l'existence d'une transgression yprésienne généralisée témoignent de mouvements précurseurs post-suessonniens et anté-yprésiens, pendant lesquels s'est faite la première ascension des diapirs triasiques, en *avance tectonique* sur l'orogénèse.

2. Une *phase post-éocène*. — Des plissements incontestables ont affecté la région après l'Éocène. En effet, à Aïn Guettar au Nord du Krib, l'affleurement de grès burdigaliens coupe en biseau successivement l'Éocène supérieur, le Lutétien, les marnes suessonniennes, le Sénonien. Il y a discordance angulaire visible du Burdigalien jusque sur le Sénonien inférieur et présence d'un conglomérat de base contenant des galets de tous ces étages ainsi que des quartz noirs du Trias.

Il s'agit bien là d'une discordance stratigraphique et non d'un étirement tectonique. D'autre part, près de la mine de Fedj El Adoum, au lieu dit Rmila, le Burdigalien est discordant sur le Sénonien sup. et l'on constate à sa base de curieux remaniements. Par endroits, le sédiment est constitué par des lits réguliers et compacts de Nummulites yprésiennes et lutétiennes agglomérées par un ciment gréseux grossier. Les Foraminifères, souvent usés ou brisés, sont mélangés à des Mollusques miocènes : ces couches doivent être soigneusement distinguées des calcaires nummulitiques. Le même phénomène se reproduit sur une plus grande échelle au Dj. Medrane près du pont de l'Oued Tessa : on y voit, intercalées dans le Burdigalien, des lentilles constituées par d'énormes paquets de Nummulitique repris dans la sédimentation miocène. Ces observations nouvelles révèlent donc l'existence de plissements post-éocènes et anté-burdigaliens.

3. Une *phase miocène probable*. — La présence de galets burdigaliens, nummulitiques, sénoniens et triasiques (quartz noirs, galets de gypse et de cargneules) dans des conglomérats, vers la base de la série continentale terminale, jointe à d'autres indices, fait penser que des ondulations, accompagnées d'une nouvelle montée du Trias, ont dû se produire postérieurement au Burdigalien.

4. *La phase majeure*. — Enfin, une phase orogénique importante se place après le dépôt de la série continentale terminale. C'est elle qui a déterminé la structure actuelle de la région : anticlinaux, synclinaux, nombreuses failles qui décrochent les contacts des diapirs. Aux points de croisement de ces accidents se développent les réseaux minéralisés Blende-Galène-Pyrite que j'ai plus spécialement étudiés à Fedj El Adoum; ils datent probablement de la phase majeure et sont liés sans doute à une nouvelle ascension du Trias dans les diapirs (²). La limite supérieure de cette phase post-miocène n'est pas précisée par rapport au Pliocène, du fait qu'on ne peut dater, pour le moment, le sommet de la série continentale.

Par contre, le Quaternaire discordant est demeuré horizontal. Il est possible cependant que certains diapirs (Gafour, Oued Tessa), mais non pas tous (Fedj El Adoum), aient continué à s'élever à une époque très récente.

On notera donc le double jeu, d'une part des phases de plissement *sensu stricto*, d'autre part des mouvements propres du Trias, ceux-ci commençant plus tôt et persistant plus tard que l'activité orogénique proprement dite.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la fertilisine d'*Arbacia pustulosa. Note de M. **Boris Rybak**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Pour Kuhn, Hartmann et leurs collaborateurs (¹), (²), (³), la fertilisine d'*A. pustulosa* est un symplexe ternaire échinochrome-protéine support-support annexe dans lequel l'échinochrome est l'agent activateur fondamental des mouvements flagellaires spermatiques et le support annexe, l'agglutinine. Utilisant la technique d'extraction de la fertilisine que nous avons mise au point dans le cas de *Paracentrotus lividus* (⁴), (⁵), nous avons pu extraire par CCl_3CO_2H *n*/1 la fertilisine d'*A. pustulosa* (⁶) d'ovules ovariens ou

(²) *Cf.* P. Sainfeld, *C. R. XVIII*ᵉ *Congrès géol. int.*, Londres, 1948, VII, p. 234.

(¹) M. Hartmann, R. Kuhn, O. Schartau et K. Wallenfels, *Naturwiss.*, 28, 1940, p. 144.

(²) R. Kuhn et K. Wallenfels, *B. d. chem. Ges.*, 73, 1940, p. 458.

(³) M. Hartmann et O. Schartau, *Biol. Zentrbl.*, 59, 1939, p. 571.

(⁴) B. Rybak, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 701.

(⁵) B. Rybak, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 464.

(⁶) Oursins travaillés à Naples de fin mars à début juillet 1950.

obtenus par pontes forcées ([7]); les préparations, qui, par le procédé même d'extraction, ne semblent pas devoir contenir de protéines de type albuminique, sont fortement colorées en rouge par l'échinochrome (maxima d'absorption en milieu trichloracétique : [270-277]-[335-340]-480$^{m\mu}$) et ont la propriété, après dialyse contre de l'eau de mer, d'activer le mouvement de spermatozoïdes non lavés d'*A. pustulosa* (technique des trois gouttes) et de les agglutiner réversiblement. Après dialyse contre de l'eau douce courante jusqu'à pH 7,2, nos préparations montraient les maxima d'absorption suivants : 310-398-480$^{m\mu}$. En nous fondant sur le fait qu'en milieu trichloracétique l'échinochrome est séparé de la fraction macromoléculaire, nous avons cherché à nous débarrasser du colorant pour vérifier son rôle; pour cela nous avons successivement replacé de l'acide trichloracétique dans le sac de collodion renfermant la fertilisine d'extraction trichloracétique après chaque fin de dialyse faite contre de l'eau douce courante à température du laboratoire (le changement de coloration permet d'estimer la fin d'une dialyse; durée d'une dialyse : 3-4 heures).

Après 7-10 dialyses dans ces conditions et une dialyse contre de l'eau de mer, nous avons obtenu chaque fois une solution opalescente blanche : *a.* activant le mouvement flagellaire de spermatozoïdes non lavés d'*A. pustulosa* (♂ testiculaires ou provenant de pontes forcées) et les agglutinant réversiblement; *b.* Molisch positive; *c.* ne livrant pas de base volatile par distillation ([8]). Après précipitation acétonique et dessiccation dans le vide sulfurique d'une telle fertilisine en eau bidistillée, nous y avons trouvé : N total, 4,81 % ; P total $\neq$ 0. En traitant, toujours à température du laboratoire, non plus des ovules mais des eaux ovulaires (eau d'extraction : NaCl isotonique) par de l'acide trichloracétique solide jusqu'à concentration finale $n/1$ en cet acide ([5]), nous avons préparé également de la fertilisine d'*A. pustulosa;* ces préparations sont très peu colorées et il suffit de 2-3 dialyses du type décrit ci-dessus pour obtenir une solution opalescente blanche. *Nous ne pouvons affirmer que nos préparations ainsi décolorées, obtenues à partir d'ovules ou d'eau ovulaire, soient absolument dépourvues d'échinochrome,* car, par suite de leur opacité, on ne peut en réaliser l'étude spectrophotométrique à l'aide de l'appareil de Beckmann. Nous avons cherché cependant à nous assurer de l'absence de l'échinochrome en nous servant du photomètre de Pulfrich, mais pour les préparations les plus décolorées les résultats sont douteux, car cet appareil est considérablement moins sensible que le Beckmann; d'autre part il est moins objectif, étant à

([7]) Injection de KCl isotonique dans la cavité générale des Oursins.

([8]) Nous avons constaté, à la suite d'une première expérimentation positive sur *P. lividus* ([5]), que la fertilisine de *P. lividus* extraite par CCl_3CO_2H $n/1$ ne livrait pas non plus de base volatile, mais nous avons confirmé que l'eau de mer ovulaire tant de *P. lividus* que d'*A. pustulosa* en donne effectivement.

lecture optique, et l'estimation de l'égalité des plages n'est pas aisée dans la région des 470$^{m\mu}$ où l'œil a une très mauvaise sensibilité.

Dans ces conditions il serait d'autant plus hasardeux de conclure que les auteurs allemands ont affirmé que l'échinochrome était encore actif à la dilution de 1/2 500 000 000. Nous avons d'ailleurs trouvé que si on lave deux ou cinq fois par centrifugations avec de l'eau de mer une suspension concentrée de spermatozoïdes frais d'*A. pustulosa* (♂ testiculaires ou de pontes forcées), agglutinables réversiblement et rendus plus mobiles avant les lavages tant par la fertilisine trichloracétique « décolorée » d'*A. pustulosa* (en eau de mer) que par l'eau de mer ovulaire de cette même espèce d'Oursins (colorée par l'échinochrome; maxima d'absorption : [306-310]-390-[480-510]$^{m\mu}$ [9]), les spermatozoïdes sont alors *agglutinables irréversiblement* [gros grumeaux durant 10 heures à 24°C [10]] et rapidement *immobilisés* par l'eau de mer ovulaire aussi bien que par la fertilisine en eau de mer (après deux lavages les spermatozoïdes sont pour la plupart encore mobiles en eau de mer).

La séance est levée à 15h25m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 15 mai 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Nicolas Baganas*, Un théorème général sur les fonctions algébroïdes :

Page 1729, 1re ligne, *après* fonctions algébroïdes, *ajouter* d'ordre infini.

---

(9) Dernier maximum peu marqué, palier.
(10) Temps limite de nos observations.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 AOÛT 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *La Station biologique de Roscoff en* 1950, par Pierre Drach (présenté par M. Maurice Caullery).

2° *Inventaire de la Faune marine de Roscoff*. I. *Cnidaires et Cténaires*. II. *Spongiaires*. Suppléments I et II aux travaux de la Station biologique de Roscoff, 1950 (présenté par M. Maurice Caullery).

ESPACES DE HILBERT. — *Quelques résultats sur les anneaux d'opérateurs.* Note (*) de M. I. **Kaplansky**, présentée par M. Louis de Broglie.

J. Dixmier ([1]) a récemment inauguré l'étude *globale* des anneaux d'opérateurs, sans faire d'hypothèse concernant le centre de ces anneaux. La présente Note apporte quelques contributions à ce programme.

Soient M une algèbre autoadjointe faiblement fermée d'opérateurs dans un espace de Hilbert H, M′ l'algèbre commutante. Pour $x \in H$, soit $[Mx]$ l'opérateur de projection sur le sous-espace fermé engendré par les Ax pour $A \in M$. Murray et von Neumann ([2]) on montré que la relation $[Mx] \precsim [My]$ implique $[M'x] \precsim [M'y]$. Il s'ensuit que $[Mx] \to [M'x]$ est une application bien définie entre classes de projections équivalentes.

Théorème 1. — *L'application précédente transforme tout projecteur abélien* ([3]) (*resp. fini*) *en un projecteur abélien* (*resp. fini*).

Un corollaire de ce résultat est que, si M est de type ([4]) I, II ou III, il en est de même de M′.

(*) Séance du 21 août 1950.

([1]) *Ann. École Norm.*, 1949.

([2]) *Annals of Math.*, 37, 1936. *Lemma* 9.3.2.

([3]) On dit qu'un projecteur e est abélien lorsque l'algèbre eMe est commutative.

([4]) Pour des anneaux qui ne sont pas nécessairement des facteurs, on peut définir ces types d'une façon naturelle.

Nous supposons maintenant que M et M′ sont tous les deux de type fini, et nous désignons par X l'espace des idéaux maximaux de leur centre commun Z; comme on le sait, on peut identifier Z à l'anneau des fonctions continues sur X, et l'on constate (une fois cette identification effectuée) que le rapport [5] $[Mx]^{\natural}/[M'x]^{\natural}$, lorsqu'il a un sens en un point de X, est indépendant du point $x \in H$ considéré pour le définir. On est ainsi conduit à définir sur X une fonction C qui généralise l'invariant de Murray et von Neumann. De nombreuses questions peuvent être étudiées en considérant seulement le cas $C = 1$, relation qui, dans le cas séparable, est équivalente à l'existence dans H d'un élément générateur pour M et pour M′.

Théorème 2. — *Si* $C \geq 1$, *il existe un vecteur non nul* x *tel que l'on ait* $(Ax, x) = (A^{\natural}x, x)$ *pour tout* $A \in M$ [6].

On peut introduire dans M la *topologie forte de la trace* définie par les voisinages $\|A^{\natural}x_i\| < \varepsilon$ ($i = 1, \ldots, n$). A l'aide du théorème 2, on peut démontrer ceci :

Théorème 3. — *La topologie forte de* M *est plus forte que la topologie forte de la trace si et seulement si la borne inférieure de la fonction* C *sur* X *est non nulle. Sur toute partie bornée de* M, *ces deux topologies sont identiques.*

Les trois théorèmes qui suivent se démontrent à l'aide d'une extension convenable des méthodes de Murray et von Neumann [7].

Théorème 4. — *Soient* M *une algèbre autoadjointe arbitraire d'opérateurs d'un espace de Hilbert, et* N *une sous-algèbre autoadjointe de* M, *partout dense dans* M *pour la topologie forte. Alors la boule unité de* N *est fortement dense dans celle de* M.

Théorème 5. — *Soient* M_1, M_2 *des anneaux de type fini, et* N_1, N_2 *des sous-$\star$-algèbres fortement denses de* M_1, M_2, *ayant respectivement les mêmes centres que celles-ci. Alors tout $\star$-isomorphisme de* N_1 *et* N_2 *est fortement continu et est donc prolongeable, avec unicité, en un isomorphisme de* M_1, M_2.

Disons qu'une algèbre d'opérateurs est approximativement finie si elle possède une sous-$\star$-algèbre localement finie fortement dense.

Théorème 6. — *Soient* M_1, M_2 *des anneaux approximativement finis dans un espace de Hilbert séparable; supposons-les de type* II_1 (*i. e. de type fini et de type* II). *Alors* M_1, M_2 *sont isomorphes si et seulement si leurs centres le sont.*

---

(5) $A^{\natural}$ désigne la trace (à valeurs dans le centre de l'anneau considéré) introduite par Dixmier.

(6) La démonstration du théorème 2 utilise des suggestions de M. H. A. Dye.

(7) *Annals of Math.*, 44, 1943.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie unitaire affine. 2. Résolution rigoureuse de l'équation fondamentale.* Note (*) de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons obtenu une équation $r^{\mu\nu}_{\underset{+-}{}}; \rho' = 0$ qui généralise l'équation $g^{\mu\nu}; \rho' = 0$ de la Relativité générale. La résolution rigoureuse de cette équation permet d'exprimer la connexion affine de la variété en fonction des champs ([1]).

Les notations sont celles de notre précédente Note ([2]). Nous avons obtenu l'équation :

$$(\mathrm{I}') \qquad \mathcal{R}^{\mu\nu}_{\underset{+-}{}}; \rho' = 0$$

dont une conséquence est :

$$(2) \qquad w; \rho' = 0 \qquad (w = \sqrt{-r}).$$

Nous avons introduit le tenseur $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} - \varphi_{\mu\nu}$ (γ sym., φ antisym. en μ, ν) les $r_{\mu\nu}$, $\gamma_{\mu\nu}$, $\varphi_{\mu\nu}$ formant les déterminants r, γ, φ et les mineurs $rr^{\mu\nu}$, $\gamma\gamma^{\mu\nu}$, $\varphi\varphi^{\mu\nu}$. Si $\mathcal{R}^{\mu\nu} = \sqrt{-r}\, r^{\mu\nu}$ (1)′ s'écrit encore

$$(\mathrm{I}) \qquad r_{\underset{+-}{\mu\nu}}; \rho' \equiv \partial_\rho r_{\mu\nu} - \Delta'^{\sigma}_{\mu\rho} r_{\rho\nu} - \Delta'^{\sigma}_{\sigma\nu} r_{\mu\sigma} = 0.$$

En utilisant $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} - \varphi_{\mu\nu}$ et $\Delta'^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma'^{\rho}_{\mu\nu} + 1/2\, \Delta'^{\rho}_{\mu\nu}$ (Γ' symétrique, Λ' antisymétrique en μ, ν) scindons (I) en parties symétrique (S_1) et antisymétrique (A_1) en μ, ν. Permutons ρ et μ puis ρ et ν. On obtient des équations (S_2) et (A_2) puis (S_3) et (A_3). Formons $(S_2) + (S_3) - (S_1)$ et $(A_2) + (A_3) + (A_1)$. Nous obtenons

$$(\mathrm{S}) \qquad 2\gamma_{\rho\lambda} u^{\lambda}_{\mu\nu} + (\varphi_{\lambda\mu} \Lambda'^{\lambda}_{\nu\rho} + \varphi_{\lambda\nu} \Lambda'^{\lambda}_{\mu\rho}) = 0,$$

$$(\mathrm{A}) \qquad -\mathrm{I}_{\mu\nu\rho} + 2\, \mathrm{D}_\rho \varphi_{\mu\nu} + \gamma_{\sigma\rho} \Lambda'^{\sigma}_{\mu\nu} + 2(\varphi_{\sigma\mu} u^{\sigma}_{\nu\rho} - \varphi_{\sigma\nu} u^{\sigma}_{\mu\rho}) = 0,$$

en posant

$$(3) \qquad u^{\rho}_{\mu\nu} = \Gamma^{\rho}_{\mu\nu} - \left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\}, \qquad \mathrm{I}_{\mu\nu\rho} = \partial_\rho \varphi_{\mu\nu} + \partial_\nu \varphi_{\rho\mu} + \partial_\mu \varphi_{\nu\rho},$$

et en désignant par $\mathring{\mathrm{D}}_\rho$ la dérivée covariante écrite avec les symboles $\{\}$. (Par définition $\mathring{\mathrm{D}}_\rho \gamma_{\mu\nu} = 0$). D'autre part, en formant $(A_2) + (A_3) - (A_1)$ et $(S_2) + (S_3) + (S_1)$ on obtient encore

$$(\mathrm{A})' \qquad \gamma_{\rho\sigma} \Lambda'^{\sigma}_{\mu\nu} + \gamma_{\nu\sigma} \Lambda'^{\sigma}_{\rho\mu} + \gamma_{\mu\sigma} \Lambda'^{\sigma}_{\nu o} = \mathrm{I}_{\mu\nu\rho},$$

$$(\mathrm{S})' \qquad \gamma_{\rho\sigma} u^{\sigma}_{\mu\nu} + \gamma_{\nu\sigma} u^{\sigma}_{\rho\mu} + \gamma_{\mu\sigma} u^{\sigma}_{\nu\rho} = 0.$$

(*) Séance du 7 août 1950.

(1) La méthode de résolution de cette équation a déjà été esquissée dans une Note précédente (M. A. Tonnelat, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 182). Nous croyons utile de la développer ici et de modifier certaines notations, le choix des tenseurs de base et par suite l'expression des coefficients Δ' étant un peu différents.

(2) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 470.

équations qui sont aussi les conséquences de (A) et de (S). En multipliant (S) par $\gamma^{\lambda\sigma}$ et en substituant dans (A) on obtient

$$(E)\quad V_{\mu\nu,\rho} - \gamma^{\sigma\lambda}(\varphi_{\sigma\nu}\overline{V}_{\mu\lambda\rho} - \varphi_{\sigma\mu}\overline{V}_{\nu\lambda\rho}) - 2\gamma^{\sigma\lambda}(\varphi_{\sigma\nu}V_{\rho\lambda,\overline{\mu}} - \varphi_{\sigma\mu}V_{\rho\lambda,\overline{\nu}}) + \overline{\overline{V}}_{\mu\nu\rho} - V_{\mu\nu,\overline{\overline{\rho}}} = -2\mathring{D}_\rho\varphi_{\mu\nu} + I_{\mu\nu\rho},$$

en posant

$$V_{\mu\nu,\rho} = \gamma_{\rho\sigma}\Lambda'^{\sigma}_{\mu\nu},\quad V_{\mu\nu,\overline{\rho}} = \varphi_{\rho\lambda}\gamma^{\lambda\sigma}V_{\mu\nu,\sigma},\quad V_{\mu\nu,\overline{\overline{\rho}}} = \varphi_{\rho\lambda}\gamma^{\lambda\sigma}V_{\mu\nu,\overline{\sigma}},\quad \ldots,$$
$$V_{\mu\nu\rho} = V_{\mu\nu,\rho} + V_{\rho\mu,\nu} + V_{\nu\rho,\mu},\quad \overline{V}_{\mu\nu\rho} = V_{\mu\nu,\overline{\rho}} + V_{\rho\mu,\overline{\nu}} + V_{\nu\rho,\overline{\mu}},\quad \ldots.$$

Les 64 équations (I) peuvent donc être remplacées par 40 équations (S) qui expriment les coefficients symétriques $u^{\rho}_{\mu\nu}$ en fonction des $\Lambda'^{\rho}_{\mu\nu}$ et par les 24 équations (E) qui déterminent les $\Lambda'^{\rho}_{\mu\nu}$ en fonction des champs. Finalement, tout se ramène donc à la résolution des 24 équations (E). Pour mener à bien cette résolution, il est commode d'utiliser les notations suivantes :

$$2V^{\star}_{\mu\nu,\rho} = \sqrt{-\gamma}\,\varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta}\gamma^{\alpha\lambda}\gamma^{\beta\sigma}V_{\lambda\sigma,\rho},\qquad 2A_\rho = \gamma^{\mu\alpha}\gamma^{\nu\beta}\varphi_{\mu\nu}V_{\alpha\beta,\rho},\qquad 2B_\rho = \varphi^{\mu\nu}V_{\mu\nu,\rho}.$$

On peut calculer les expressions $\gamma^{\alpha\lambda}(\varphi_{\alpha\nu}V_{\rho\lambda,\overline{\mu}} - \varphi_{\alpha\mu}V_{\rho\lambda,\overline{\nu}})$, $\overline{V}_{\mu\nu\rho}$ et $\overline{\overline{V}}_{\mu\nu\rho}$ qui figurent dans (E) en fonction de $V_{\mu\nu\rho}$, A_ρ, B_ρ et Λ'_ρ. Cela fait, le calcul de A_ρ, B_ρ, $V_{\mu\nu\rho}$ en fonction des champs s'effectue facilement. En effet (A') s'écrit encore $V_{\mu\nu\rho} = I_{\mu\nu\rho}$. D'autre part, en contractant (3) et N_1(13 on a $2\mu_\rho = \partial_\rho \operatorname{Log} r/\gamma$ et, par conséquent, en multipliant (A) et (E) par $1/2\varphi^{\mu\nu}$ on a :

$$B_\rho = \partial_\rho \operatorname{Log}\frac{r}{\varphi} + \frac{1}{2}\varphi^{\mu\nu}I_{\mu\nu\rho},\qquad A_\rho = -\partial_\rho \operatorname{Log}\frac{r}{\gamma} + \frac{1}{2}\gamma^{\alpha\lambda}\gamma^{\mu\nu}\varphi_{\alpha\mu}I_{\lambda\nu\rho}.$$

En substituant dans (E) nous obtenons finalement

$$(\mathcal{E})\qquad V_{\mu\nu,\rho} - \frac{2\sqrt{\varphi}}{\sqrt{-\gamma}}V^{\star}_{\mu\nu,\rho} + V_{\mu\nu,\overline{\overline{\rho}}} = \mathcal{R}_{\mu\nu,\rho}$$

avec

$$(4)\quad R_{\mu\nu,\rho} = -2\mathring{D}_\rho\varphi_{\mu\nu} + \sqrt{\varphi}\,\varepsilon_{\mu\nu\rho\sigma}\varphi^{\lambda\sigma}\partial_\lambda \operatorname{Log}\frac{\varphi}{\gamma} + 2\varphi_{\mu\nu}\partial_\rho \operatorname{Log}\frac{r}{\gamma} - 2\frac{\sqrt{\varphi}}{\sqrt{-\gamma}}\varphi^{\star}_{\mu\nu}\partial_\rho \operatorname{Log}\frac{r}{\varphi} + \gamma^{\alpha\lambda}[\sqrt{\varphi}\,\varepsilon_{\mu\nu\rho\lambda}\Lambda'_\alpha + \varphi_{\rho\lambda}(\varphi_{\alpha\nu}\Lambda'_\mu + \varphi_{\mu\alpha}\Lambda'_\nu + \varphi_{\nu\mu}\Lambda'_\alpha)].$$

Nous n'avons plus qu'à résoudre l'équation $\mathcal{E}$ dans laquelle $R_{\mu\nu,\rho}$ est une quantité connue. Pour cela il suffit de former $\mathcal{E}^{\star} = \mathcal{E}^{\star}_{\mu\nu,\rho}$, $\overline{\overline{\mathcal{E}}} = \mathcal{E}_{\mu\nu,\overline{\overline{\rho}}}$ en tenant compte des identités

$$V^{\star\star}_{\mu\nu,\rho} = -V_{\mu\nu,\rho},\qquad \gamma V_{\mu\nu,\overline{\overline{\overline{\overline{\rho}}}}} = -\varphi V_{\mu\nu,\rho} - (r - \gamma - \varphi)V_{\mu\nu,\overline{\overline{\rho}}}.$$

Par combinaisons linéaires de $\mathcal{E}$, $\mathcal{E}^{\star}$, $\overline{\overline{\mathcal{E}}}$, on obtient enfin

$$(5)\qquad (a^2 - b^2)V_{\mu\nu,\rho} = aS_{\mu\nu,\rho} + bS^{\star}_{\mu\nu,\rho}$$

avec $a = 2 - (r/\gamma) + 6(\varphi/\gamma)$, $b = (2\sqrt{\varphi}/\sqrt{-\gamma})[3 - (r/\gamma) + (\varphi/\gamma)]$

$$(6) \qquad S_{\mu\nu,\rho} = \left(2 - \frac{r}{\gamma} + \frac{\varphi}{\gamma}\right) R_{\mu\nu,\rho} - 2\frac{\sqrt{\varphi}}{\sqrt{-\gamma}} R^{\star}_{\mu\nu,\rho} - R_{\mu\nu,\bar{\bar{\rho}}}.$$

(5) détermine la partie antisymétrique de la connexion affine Δ'. La partie symétrique des coefficients Δ' est donnée par (S) qui s'écrit encore

$$(7) \qquad 2\, u_{\mu\nu,\rho} = (V_{\mu\rho,\bar{\nu}} + V_{\nu\rho,\bar{\mu}}).$$

Les coefficients de connexion $\Lambda'^{\rho}_{\mu\nu} = \gamma^{\rho\lambda} V_{\mu\nu,\lambda}$ et $\Gamma'^{\rho}_{\mu\nu} = \left\{ {\rho \atop \mu\nu} \right\} + \gamma^{\rho\lambda} u_{\mu\nu,\lambda}$ sont donc entièrement déterminés par (5), (6), (4) et (7). En substituant les valeurs ainsi obtenues dans l'expression du tenseur de base $R_{\mu\nu}$, on peut trouver les lois générales et rigoureuses des champs.

PHOSPHORESCENCE. — *Sur le mécanisme de la phosphorescence dans les combinaisons à composition variable.* Note de M. **Boris Prégel**, présentée par M. Camille Gutton.

Si l'on passe en revue les principaux corps phosphorescents, on remarque que presque tous doivent leur propriété de luminescence à la présence d'une addition pondéralement très petite d'un élément étranger qui agit en activateur. On sait qu'en général l'incorporation simultanée de plusieurs activateurs luminogènes ne produit aucun accroissement de luminescence et tout au plus donne naissance à des couleurs initiales différentes, généralement d'une intensité lumineuse plus faible en modifiant considérablement la courbe représentative qu'on obtient avec un seul activateur. Mais les dernières réalisations techniques montrent que cette règle, d'après laquelle la présence d'un luminogène nouveau tend à détruire ou à neutraliser progressivement l'action d'un autre centre luminogène préexistant, n'est valable que pour des centres luminogènes métalliques purs tels que le fer, le bismuth, etc. A cette règle échappent les réactions dont les états métastables de Jean Perrin sont identifiés par les courbes expérimentales du déclin de la phosphorescence suivant la représentation fonctionnelle en série, de forme

$$\theta = \theta'_0 e^{-c_1 t} + \theta''_0 e^{-c_2 t} + \ldots + \theta^n_0 e^{-c_n t}.$$

Ceci caractérise un produit contenant plusieurs activateurs luminogènes dilués dans plusieurs matières de support et donnant une série des régimes d'émission à fonctionnement successif

$$\theta = \sum_0^n \theta_0 e^{-nt}.$$

Il s'agit donc des combinaisons à composition variable, interprétée par l'intégrale

$$\theta = \int_{t=0}^{t=\infty} c^{\frac{1}{\mathfrak{T}}} n_0 e^{-\frac{t}{\mathfrak{T}}} dt,$$

qui représente la superposition de phénomènes élémentaires monomoléculaires; t, le temps; n_0, le nombre moyen des électrons; c, une constante et $\mathfrak{T}$, la vie moyenne de l'excitation.

Le processus de substitution de régimes est donc susceptible de faire varier de façon régulière la qualité optique d'une combinaison minérale.

Corrélativement à ces considérations théoriques nous avons montré expérimentalement qu'il est possible de modifier l'exaltation de la luminescence par des processus de substitution. C'est ainsi, par exemple, qu'en formant des solutions solides de substitution entre le sulfure de calcium et le sulfure de strontium, on obtient, après activation par le cuivre et le cadmium et excitation jusqu'à saturation complète par le rayonnement de l'ultraviolet, puis par les rayons X, de haute fréquence, des régimes de toute une gamme de teintes qui s'étagent du vert franc au bleu vif, avec des spectres compris entre 4810 et 4525 Å.

Les échantillons d'expérience ont été réalisés au moyen de couches sèches de $0^{mm},25$ d'épaisseur, étalées sur les plaques de platine irridié à 10 %, de 72^{mm} de diamètre et de $0^{mm},5$ d'épaisseur; le produit de fixation est un vernis polystirole, très transparent. Les échantillons ont été soumis pendant sept minutes à l'activation du rayonnement ultraviolet et pendant une minute à l'action de l'énergie électromagnétique des rayons X, de 50 000 kc; la distance entre la cible et la source d'excitation a été de 250^{cm}.

Le déclin de la phosphorescence se fait selon une courbe exponentielle de la façon la plus régulière, ce qui montre l'existence, pour les corps à composition variable, des états métastables théoriquement prévus par Jean Perrin.

L'expérience vérifie donc les déductions théoriques.

A côté de l'intérêt scientifique indéniable de ces composés, on doit reconnaître leur importance technique considérable, car étant convenablement établis, de tels composés donnent, comme il en résulte des considérations ci-dessus, des propriétés physiques infiniment plus avantageuses que celles de produits ordinaires à double composition.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Décomposition thermique de l'acétaldéhyde en présence d'un filament de platine vers* 1250° K. Note (*) de MM. **Michel Niclause**, **Xavier Duval** et **Maurice Letort**, transmise par M. Paul Pascal.

Étudiant la décomposition thermique ($CH_3CHO = CO + CH_4$) de l'acétaldéhyde gazeux, à des pressions de 100 à 300 mmHg, en présence de filaments métalliques (Pt, Pt-Rh, Au, W) chauffés de 900 à 1200°K, Allen et Hinshelwood ([1]) traitent cette pyrolyse comme une réaction catalytique hétérogène. Étant donné toutefois que la cinétique de la réaction est indépendante de la nature du filament, nous avons recherché si, en fait, cette réaction n'a pas lieu *en phase gazeuse* dans la zone très chaude entourant le filament. Nos expériences ont été faites, par la méthode statique, sur de l'acétaldéhyde de haute pureté ([2]) avec un filament de platine chauffé électriquement à une température T_f de 1200 à 1300°K. Les détails expérimentaux seront publiés ailleurs. Notons toutefois deux points essentiels de notre méthode :

a. La simplicité des conditions géométriques du montage (filament tendu verticalement suivant l'axe d'une ampoule cylindrique) permet de calculer la répartition de température dans le gaz.

b. Nous avons expérimenté jusqu'à de très basses pressions de l'ordre de quelques 10^{-3} mmHg.

1. Cette dernière condition nous a menés à l'importante observation suivante. Bien que le filament soit au moins à 1200°K, la vitesse de pyrolyse ne devient perceptible que pour des pressions de CH_3CHO dans l'ampoule supérieures à 10 mmHg environ.

L'ordre de la réaction (déterminé à l'aide des vitesses initiales) est très élevé aux basses pressions. Il diminue quand la pression croît et se fixe, pour des pressions supérieures à 100 mmHg environ, à la valeur 3/2. Or, c'est précisément la valeur de l'ordre de la pyrolyse homogène étudiée entre 450 et 570°C ([3]).

On peut rendre compte de ce phénomène en se basant sur l'hypothèse d'une réaction *en phase gazeuse*. Dans ces conditions, le calcul donne l'expression suivante de la vitesse initiale v_0 :

$$v_0 = \frac{2\pi . 273^{\frac{3}{2}}}{(22,4.760)^{\frac{1}{2}}} \frac{l}{V} . p^{\frac{3}{2}} \int_a^r \frac{k}{T^{\frac{3}{2}}} x . dx,$$

où v_0 est en mm Hg à 0°C.min^{-1}; p est la pression de CH_3CHO en mm Hg,

(*) Séance du 16 août 1950.

(1) *Proc. Roy. Soc.*, London, A, 121, 1928, p. 141.

(2) M. Niclause, P. Goldfinger et M. Letort, *Comptes rendus*, 229, 1949 p. 437.

(3) M. Letort, *J. Chimie physique*, 34, 1937, p. 355; *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 351 et 1617.

a le rayon et l la longueur en décimètres du filament, r le rayon en décimètres et V le volume en litres de l'ampoule, k la constante de vitesse de la réaction homogène en $(\text{mole/l})^{-1/2}.\text{min}^{-1}$ à T°K, x en décimètres la distance normale à l'axe d'un point du volume gazeux où la température est T°K.

Or, la théorie de Langmuir (4) sur la transmission de la chaleur par conductibilité calorifique gazeuse permet de montrer que si la convection est négligeable (ce qui est le cas dans nos expériences), l'intégrale de la relation précédente qui, à basse pression, est une fonction croissante de p, devient indépendante de cette grandeur au delà de 100 mm Hg environ. La réaction devient alors d'ordre 3/2.

2. De plus, en portant dans cette relation la valeur de la constante de vitesse k calculée par extrapolation à haute température des données sur la pyrolyse homogène étudiée vers 800°K (3), on peut évaluer la vitesse initiale v_0 pour une pression supérieure à 100 mm Hg. A moins d'un facteur de 10 près, cette valeur est égale à la valeur effectivement observée. Étant donnée la large portée de l'extrapolation et l'inévitable imprécision des calculs, cette concordance est remarquable.

3. Enfin, l'étude de l'influence de la température T_f du filament (1200 à 1300°K) sur v_0 permet de déterminer l'énergie d'activation E de la réaction. Pour $p = 300$ mm Hg, on trouve $E = 53$ Kcal. Cette valeur est voisine de la valeur moyenne (47 ± 4 Kcal) mesurée pour les divers métaux (1) ainsi que de l'énergie d'activation ($46 \pm 0{,}5$ Kcal) de la pyrolyse homogène (3). Le fait que E (53 Kcal) n'est pas exactement égale à cette dernière grandeur n'est pas surprenant si l'on examine en détail l'expression précédemment donnée de v_0.

4. Ces différents faits, ainsi que l'indépendance vis-à-vis de la nature du métal (Pt, Pt-Rh, Au, W) de la cinétique de la réaction au delà de 100 mm Hg (1) sont incompréhensibles dans l'hypothèse d'une réaction catalytique. Par contre, toutes ces observations s'interprètent immédiatement si l'on admet que *la pyrolyse a effectivement lieu en phase gazeuse* dans la zone très chaude entourant le filament, celui-ci intervenant seulement comme moyen de chauffage.

Cette conclusion s'applique également à la pyrolyse, dans des conditions expérimentales analogues, de l'acétone (5), du diéthyléther (6) et très vraisemblablement aussi du propionaldéhyde (7).

5. Les présents résultats offrent le principe d'une méthode nouvelle qui permettrait l'étude cinétique directe de réactions homogènes dans des conditions de température telles que la méthode statique classique ne peut

---

(4) *Phys. Rev.*, 34, 1912, p. 401; *J. Am. Chem. Soc.*, 37, 1915, p. 417.

(5) H. A. TAYLOR, *J. Phys. Chem.*, 33, 1929, p. 1793.

(6) H. A. TAYLOR et M. SCHWARTZ, *J. Phys. Chem.*, 34, 1931, p. 1044; E. W. R. STEACIE et H. N. CAMPBELL, *Proc. Roy. Soc.*, London, A, 128, 1930, p. 451.

(7) E. W. R. STEACIE et R. MORTON, *Can. J. Research*, 4, 1931, p. 582.

plus être utilisée. A ce propos, signalons un dernier résultat intéressant : dans nos expériences, les produits de décomposition de CH_3CHO contiennent de petites quantités (de l'ordre de 1 % en volume) de C_2H_6 et de H_2. Le détail de la discussion montre que ces gaz ne peuvent provenir de la pyrolyse du méthane. Par contre, ce résultat est en accord, pour les hautes températures de pyrolyse, avec le mécanisme en chaînes par radicaux libres proposé pour interpréter la réaction homogène.

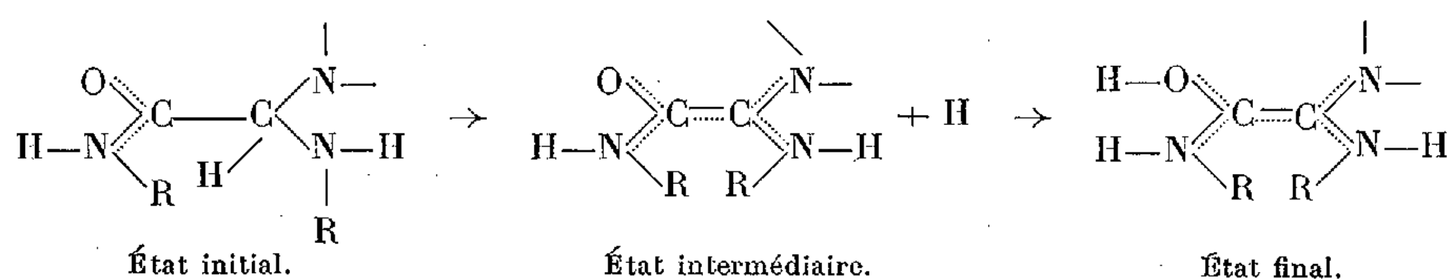
Les résultats de la présente Note feront ultérieurement l'objet d'une publication détaillée.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur le mécanisme d'action des substances carcinogènes.* Note de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

On montre semi-quantitativement, sur un exemple purement hypothétique, comment un hydrocarbure carcinogène pourrait faciliter les premières réactions de la cancérisation.

Selon différents auteurs ([1]) l'acte primaire de la cancérisation sous l'influence des substances chimiques serait la formation d'un complexe d'addition entre certains éléments tissulaires et les molécules envisagées. La formation de ces complexes faciliterait certaines réactions chimiques dans les composants des tissus. Jusqu'à présent aucune tentative quantitative n'a été envisagée pour montrer comment de telles réactions peuvent être facilitées par la présence de molécules carcinogènes. Les réactions précitées sont entièrement inconnues. Nous allons, en nous inspirant du travail de Schmidt, choisir un exemple tout à fait hypothétique de réaction tissulaire et de mécanisme d'action des corps carcinogènes afin de ne pas trop travailler dans l'abstrait. Mais notre raisonnement s'appliquerait à d'autres réactions et mécanismes. Nous n'attachons aucun privilège à l'exemple choisi et voulons surtout par ce travail suggérer des expériences.

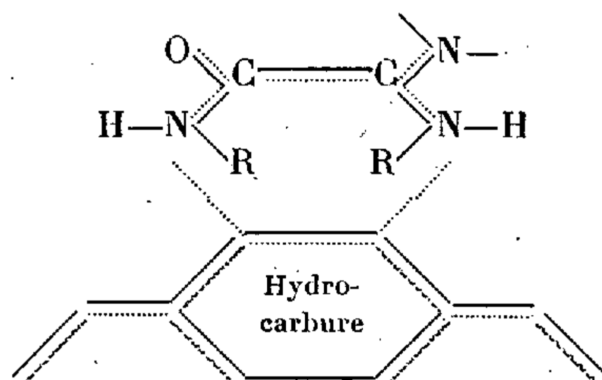
Imaginons donc que la réaction à l'origine de la cancérisation soit la suivante :



Supposons maintenant qu'un hydrocarbure conjugué intervienne. On peut

([1]) Pour les références et une mise au point sur ce sujet, *voir* P. et R. Daudel, *Biologie médicale,* 39, 1950, n° 4.

imaginer que dans l'état intermédiaire il y aura formation du complexe suivant :



où des liaisons du type de Dewar mettent en interaction les électrons π du composé aminé avec ceux de l'hydrocarbure.

Soit alors ΔE la différence d'énergie entre l'état initial et l'état intermédiaire en l'absence de composé conjugué et $\Delta E'$ la même grandeur en la présence d'un tel composé.

Posons

$$\delta E = \Delta E' - \Delta E.$$

Si δE est négatif l'effet du composé conjugué aura été de rendre plus facile la première phase de la réaction, c'est-à-dire de la catalyser.

En calculant grossièrement à l'aide de l'approximation des états de spin (²) le coefficient k de l'intégrale d'échange A dans la partie de δE liée aux électrons π, nous obtenons les valeurs suivantes en fonction de la notation de la liaison du corps conjugué qui est supposée entrer en réaction avec la molécule tissulaire :

Notation.	k.	Notation.	k.
(3)	+0,110	(2-2)	−0,022
(3-3)	+0,070	(1)	−0,032
(2)	+0,064	(2-1)	−0,114
Éthylène	+0,028	(1-1)	−0,20
(2-3)	+0,024		

Puisque A est négatif on voit que les liaisons les plus aptes à faciliter ce type de réaction sont les liaisons (3), les liaisons (3-3) et les liaisons (2). Ce résultat est assez satisfaisant puisque la plupart des hydrocarbures carcinogènes (²) possèdent une liaison (3-3). On a peu étudié de ce point de vue les substances possédant des liaisons (3) ou (2), mais celles-ci appartiennent à des corps très réactifs qui risqueraient peut-être d'être métabolisés avant d'avoir le temps d'exercer leur action carcinogène.

Les calculs présentés ici mériteraient des améliorations, mais ils soulignent l'intérêt qu'il y aurait tant du point de vue théorique que du point de vue expérimental à approfondir la question des effets catalytiques des hydrocarbures carcinogènes sur les réactions chimiques.

(²) Vroelant et Daudel, *Bull. Soc. Chim. de France*, 16, 1949, p. 36 et 217.

Il serait également utile de tenter des calculs analogues pour étudier l'effet des substituants qui pourraient également intervenir dans la seconde phase de la réaction étudiée.

TECTONIQUE. — *Sur la tectonique du versant Sud-Est du massif du Pelvoux : l'écaille de l'Eychauda.* Note de MM. **Paul Gidon** et **Jacques Debelmas**, transmise par M. Léon Moret.

Le retrait remarquable du glacier de Seguret Foran (au-dessus du lac de l'Eychauda), consécutif à ces dernières années sèches, nous a permis d'observer son substratum ainsi dénudé et qui, par là-même, avait échappé à Pierre Termier. Ce substratum dessine un pli anticlinal un peu déversé, très net, bien visible du verrou barrant le lac au Sud-Est.

Notre attention a été attirée par le fait qu'il apparaissait au milieu et par dessous ce qui, jusqu'à présent, était considéré comme Cristallin. De fait, il est recouvert d'une masse claire qui pouvait, de loin, passer pour un des affleurements d'aplite, si répandus dans la région.

La coupe de ce substratum sédimentaire est la suivante, de bas en haut et en partant de l'axe de l'anticlinal :

1° Calcaire compact gris foncé à surface satinée par place (épaisseur indéterminée, sa base disparaissant sous la moraine);

2° Calcaire rubanné, plissoté, à lits noirs et jaunes en surface, montrant dans le détail une microtectonique cassante (80^{cm});

3° Grès schistoïde gris foncé, bleuté en surface (60^{cm});

4° Calcaire dolomitique noir, jaunissant en surface ($1^m,20$);

5° Calcaires rubannés, noirâtres et jaunes, finement plissotés, surtout sur le flanc inverse de l'anticlinal, suggérant une microtectonique d'écoulement (4^m);

6° Zone quartziteuse rose (10^{cm});

7° Calcaire dolomitique gris, jaunissant en surface (2^m);

8° Calcaire noir bréchique, très largement spathique (4^m). Nous avons attribué cet ensemble au Trias. Il est en effet séparé de ce qui suit par un lit bréchique à éléments uniquement triasiques d'une quinzaine de centimètres de puissance.

9° L'épaisse carapace blanche qui, de loin, pouvait passer pour de l'aplite, nous a montré une constitution complexe, allant de calcaires fortement gréseux, voire quartziteux, à des calcaires spathiques à traces d'organismes (sections de Bélemnites, tiges de Crinoïdes, Bryozoaires). Il s'agit évidemment de Lias qui se présente ainsi sous un faciès n'ayant guère d'analogies qu'avec les marbres liasiques de l'étroit du Sciex en Tarentaise ou certains calcaires également liasiques des unités subbriançonnaises externes. Toutefois il s'en éloigne par une teinte beaucoup plus claire et surtout par la présence de zones à petits grains de quartz rouges et verts, empruntés vraisemblablement à la protogine du Pelvoux, et reliés par un ciment calciteux.

L'épaisseur totale de ce Lias est de l'ordre de 50 mètres.

Rive gauche, cet ensemble disparaît sous la moraine latérale du glacier de Seguret-Foran, dominée elle-même par les crêtes aplitiques des Grangettes. Rive droite, par contre, nous avons pu constater de façon indubitable, la

disparition des calcaires liasiques sous le Cristallin représenté par les aplites, puis plus haut par les gneiss des Pics de l'Eychauda.

Il est au moins vraisemblable, suivant d'autres observations qui seront précisées plus tard, que ces assises sédimentaires passent également sous les aplites de la Crête des Grangettes, ce qui les amènerait à affleurer sur la rive droite du haut vallon du Tabuc, dont les calcaires gréseux spathiques, également liasiques, décrits par M. Gignoux et L. Moret (1) sous la lame granitique de la Croix de Ciboui, possèdent, comme eux, un faciès à allure subbriançonnaise, assez détritique.

Quoi qu'il en soit, dans la région étudiée, le Sédimentaire semble bien apparaître dans une *fenêtre* ouverte par l'érosion du glacier dont il constitue le bedrock jusqu'à une grande altitude en raison de l'inclinaison EW de l'axe anticlinal, sensiblement conforme à la pente.

Cette fenêtre pratiquée à travers le Cristallin permet ainsi de reconnaître, outre un faciès nouveau, très littoral, du Lias (2), *l'existence d'une nouvelle écaille cristalline* en bordure du haut massif. Elle comporte les Pics de l'Eychauda et les Crêtes des Grangettes, reliés par le verrou du lac de l'Eychauda; c'est pourquoi nous lui donnerons le nom d'*écaille de l'Eychauda*. Elle semble constituer une unité immédiatement inférieure à celle du Peyron des Claux décrite par l'un de nous (Paul Gidon) (3).

Ainsi apparaît de plus en plus nettement *la structure écailleuse du bord* SE *du massif du Pelvoux.*

BIOLOGIE. — *Sur la descendance des Grenouilles polydactyles.*
Note de M. **Jean Rostand**, présentée par M. Maurice Caullery.

Parmi les Grenouilles vertes (*Rana esculenta* L., sous-espèce *esculenta*) qui habitent l'étang de Trévignon, proche de Concarneau, on trouve une proportion considérable de sujets polydactyles (1) : sur 433 Grenouilles des deux sexes, récoltées en 1949 et 1950, j'en ai compté 61, soit 14 %, qui portaient 6 orteils ou davantage aux membres postérieurs; chez 20 de ces animaux, le nombre des orteils variait de 7 à 9 (2).

L'anomalie, presque toujours bilatérale, est due au dédoublement de l'orteil

---

(1) Description géologique du Bassin supérieur de la Durance (Trav. Labor. Géol. Univ. Grenoble, 1937, **21**, 1938, p. 35).

(2) Nous n'avons pu préciser encore si ce Lias était de nature lacuneuse, auquel cas il pourrait être comparé à celui du *dôme de la Mûre*.

(3) *Bull. Soc. Géol. France*, **19**, 1949, p. 545.

(1) J. Rostand, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1666-1667.

(2) Tous ces animaux m'ont été envoyés par le Laboratoire de Zoologie et de Physiologie maritimes de Concarneau; je les dois à M. le Professeur Legendre, à M. Bouxin, à Mlle Mugard.

le plus interne (orteil 1), l'un des deux orteils-fils pouvant se dédoubler à son tour, et ainsi de suite. Elle est le plus souvent limitée aux membres postérieurs, mais, à la différence de ce qu'on observe chez le Crapaud ordinaire (*Bufo bufo* L.), il existe parfois une polydactylie antérieure, allant d'une simple excroissance portée par le pouce à un doigt surnuméraire complet, lequel peut lui-même être bifide à son extrémité. Quand le membre postérieur porte plus de 6 orteils, le membre antérieur est presque toujours anormal.

Ayant constaté que, chez le Crapaud, la polydactylie se transmet sur le mode mendélien (3), je ne doutais pas qu'il n'en fût de même chez la Grenouille verte, mais les résultats des croisements effectués ont complètement démenti cette supposition.

Croisement I. — Femelle polydactyle (6 orteils, 4 doigts) × Mâle normal. Tous les produits de la F_1(47) sont normaux quant au nombre des orteils et des doigts.

Croisement II. — Femelle normale × Mâle polydactyle (6 orteils, 4 doigts). Tous les produits (382) sont normaux.

Croisement III. — Femelle polydactyle (7 orteils, 5 doigts) × Mâle polydactyle (7 orteils, 5 doigts). Tous les produits (255) sont normaux.

Croisement IV. — Femelle polydactyle (7 orteils, 5 doigts) × Mâle polydactyle (6 orteils, 4 doigts). Tous les produits (542) sont normaux.

Croisement V. — Femelle polydactyle (6 orteils, 4 doigts) × Mâle polydactyle (6 orteils, 4 doigts). Tous les produits (27) sont normaux.

Les croisements I et II pouvaient laisser croire que la polydactylie se comportait, chez *Rana esculenta*, comme un caractère récessif, mais les croisements III, IV et V excluent cette possibilité.

Encore que la mortalité embryonnaire ait été assez considérable dans la plupart de ces descendances (4), il n'y a aucune raison de penser qu'elle ait frappé électivement les sujets anormaux. On ne peut admettre non plus que la polydactylie apparaisse chez l'imago, car, à la métamorphose, la structure de la patte est définitivement établie. Il faut donc conclure que, chez *Rana esculenta*, ou bien cette anomalie constitue une variation *génotypique* à mode de transmission aberrant (comme, par exemple, le sens d'enroulement de la coquille chez certains Mollusques Gastropodes), ou bien qu'elle constitue une variation *phénotypique* intransmissible.

Cette dernière hypothèse nous paraît fort invraisemblable. On imagine mal, en effet, quel pourrait être le facteur exogène capable de déterminer une

---

(3) J. Rostand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 778-779.

(4) Un grand nombre des œufs échappèrent à la fécondation. Presque tous ces croisements furent opérés par stimulation hypophysaire, les animaux étant restés au laboratoire près d'une année (août 1949 à juin 1950) : on sait combien il est difficile d'obtenir des œufs fécondables, chez *Rana esculenta*, à partir de sujets tenus en captivité; nous n'y avons pu réussir qu'en fournissant à nos Grenouilles une nourriture très abondante et variée (vers de farine, abeilles, Syrphides, Coléoptères, etc.).

polydactylie massive, analogue à celle qui se manifeste dans la population de l'étang de Trévignon. De plus, nous avons vainement essayé de provoquer artificiellement la polydactylie en soumettant des larves de Grenouilles à des agents physiques (chaleur, froid, hypertonie) ou chimiques. Par l'emploi de quelques-unes des substances (trypaflavine ésérine) dont P. Ancel s'est si heureusement servi dans ses belles expériences de *chimiotératogenèse*, nous avons bien obtenu, chez *Rana temporaria*, la suppression ou la soudure des doigts (ectrodactylie, syndactylie), mais jamais la production d'un doigt surnuméraire ([5]).

Nous croyons donc, provisoirement, que la polydactylie de *Rana esculenta* est une variation génotypique, mais dont il reste à éclaircir le comportement héréditaire particulier.

PHARMACOLOGIE. — *Action sur la transmission neuro-musculaire de différents sels d'ammonium quaternaires d'amino-phénols substitués.* Note (*) de MM. **Albert Funke, Werner Krucker** et Mlle **France Depierre**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Nous avons décrit récemment ([1]) les propriétés décurarisantes intenses de certains termes de la série des *bis* (*p*-diméthylaminophénoxy) alcanes. Ces composés manifestant à des degrés divers des propriétés curariformes, il nous a paru intéressant de chercher à établir quelles transformations de la molécule faisaient pencher la balance en faveur de l'une ou l'autre de ces actions; dans ce but nous avons :

1° Étudié les isomères ortho et méta du dérivé para, le plus actif de la série des *bis* (*p*-diméthylaminophénoxy) alcanes.

2° Remplacé le pont aliphatique reliant les deux oxygènes par une chaîne arylaliphatique.

3° Synthétisé les *di*-iodométhylates de *bis p*- et *m*-diméthylaminophénoxyméthanes qui diffèrent de leurs homologues supérieurs, car on doit chimiquement les considérer comme des acétals de l'aldéhyde formique (ils sont stables en milieu alcalin et la fonction phénolique est mise en liberté par les acides).

4° Simplifié la molécule en substituant la fonction phénolique par des substituants non azotés.

Nous résumons nos résultats pharmacologiques dans le tableau suivant :

([5]) J. Rostand, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

(*) Séance du 21 août 1950.

([1]) A. Funke et F. Depierre, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 245.

Produits. $Ar=X(CH_3)_3N-C_6H_4-X=Cl$ ou I.	P.F.	X.	Dosages Tr.	Dosages Calc.	Doses en mg/kg (i. v.). Lapins D.C.	Lapins D.T.	Chats D.A.C.
I. $Ar-O(CH_2)_3O-Ar$:							
ortho	180°	I	42,59	42,47	1,5	2,5	–
méta	220	I	42,56	42,47	2,5	3	0,1-0,2
para	186	I	42,44	42,47	3	4	0,1-0,2
II. $Ar-O-CH_2-C_6H_4-CH_2-OAr$:							
ortho	216	I	38,20	38,48	0,3	0,35	–
méta	220	Cl	14,64	14,90	3,5	4	1±
para	240	I	37,07	37,46 (+1 H_2O)	0,1	0,15	–
III. $Ar-O-CH_2-O-Ar$:							
méta	215	I	44,19	44,50	3	4	5±
para	170	I	44,69	44,50	0,5	0,7	1-2±
IV. $Ar-OR$:							
méta { R=H (2)	–	–	–	–	6	8	1
méta { $R=CH_3$	192	I	43	43,3	50	>50	10-20±
para { R=H (3)	–	–	–	–	0,7	2	2
para { $R=CH_3$ (3)	–	–	–	–	0,9	1,5	5-8
para { $R=C_2H_5$ (4)	–	–	–	–	3	6	5-8
$R=(CH_2)_3OC_6H_5$	191	I	39,4	39,6	7	10	5-10

D. C., Dose approximative abolissant le réflexe qui fait se remettre sur ses pattes, l'animal tombé sur le côté; D. T., dose toxique 100% mortelle; D. A. C., dose capable de restaurer la transmission neuro-musculaire interrompue par deux doses de Flaxédil. Expérience conduite dans les mêmes conditions que celles décrites précédemment (1).

Nous remarquons dans le tableau ci-dessus que dans les dérivés du type :

I. Nous obtenons, soit un dérivé dont les propriétés curariformes sont intenses et l'activité décurarisante pratiquement nulle (ortho), soit un composé dont l'action décurarisante est au contraire prédominante (méta) : ce dernier corps, particulièrement actif, est capable d'antagoniser 10 doses curarisantes de Flaxédil, se révélant ainsi plus efficace que le dérivé para correspondant.

II. Le remplacement du pont aliphatique par un pont arylaliphatique fait disparaître presque complètement les propriétés décurarisantes et exalte au contraire, dans les dérivés ortho et para, les propriétés curariformes : le dérivé para est approximativement aussi actif que la *d*-tubocurarine (5).

IV. L'iodure de *m*-hydroxyphényltriméthylammonium (6) se montre le

---

(2) HANTZSCH, B. **29**, p. 1553.

(3) GRIES, B, **134**, p. 649.

(4) KNORR, A, **293**, p. 34.

(5) H. O. J. COLLIER et E. P. TAYLOR, *Nature*, **164**, 1949, p. 491.

(6) L. O. RANDALL et G. LEHMANN, *J. Pharmacol. Exptl. Therap.*, **99**, 1950, p. 16 et F. DEPIERRE et A. FUNKE, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2242.

décurarisant le plus efficace de cette série; si l'on bloque la fonction phénolique, on constate que les propriétés décurarisantes sont fortement diminuées pour tous les dérivés étudiés; par contre, les propriétés curariformes ne semblent pas dépendre de la fonction phénolique, mais plutôt de la position et de la nature du substituant : dans le dérivé para, cette action est minima pour $R = -(CH_2)^3 - OC_6H_5$ et maxima pour $R = CH_3$; dans le dérivé méta, l'action curariforme devient presque nulle pour $R = CH_3$.

Tous les composés étudiés manifestent une action propre sur la transmission neuro-musculaire qui se traduit par une augmentation de la contraction du muscle provoquée par l'excitation électrique du nerf. Cette dose active correspond généralement aux doses décurarisantes.

Nous avons observé en outre que si certains de ces dérivés sont capables de restaurer la transmission neuro-musculaire interrompue par des doses élevées de Flaxédil, ils ne peuvent rétablir la respiration si la dose du curare injecté dépasse 1,5 D. C.

En résumé, l'action prédominante est curariforme ou décurarisante suivant la position de la fonction phénolique par rapport à la ou les fonctions ammoniums quaternaires.

On remarque que l'addition d'une seconde fonction ammonium quaternaire entraîne en général un accroissement de l'activité sur la transmission neuro-musculaire qui peut, suivant les cas, soit favoriser celle-ci, soit l'inhiber.

La séance est levée à 15h35m.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 SEPTEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **MINISTRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE** adresse ampliation du décret, en date du 3 août 1950, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **ANDRÉ MAYER**, pour occuper dans la Section d'Économie rurale la place vacante par le décès de M. *R. Fosse*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **ANDRÉ MAYER** prend place parmi ses Confrères.

M. le **PRÉSIDENT** annonce à l'Académie le décès de M. **COSTANTINO GORINI**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu à Milan (Italie), le 3 septembre 1950.

GÉODÉSIE. — *Mesures de pesanteur au Maroc.* Note de (*) M. PIERRE LEJAY et Mlle SUZANNE CORON.

Le tableau ci-après donne les résultats des mesures de pesanteur exécutées en 1949 à l'aide des gravimètres Holweck-Lejay nos 42 et 622, basées sur la valeur, antérieurement indiquée, obtenue à Berrechid (1). Les deux dernières colonnes donnent les corrections de relief et les anomalies de Bouguer corrigées.

Nous avons tout lieu de penser que les valeurs présentées dans cette Note sont bien raccordées au réseau français.

Si l'on dresse à grands traits, à l'aide de ces résultats et de ceux qu'avaient obtenus MM. Roux, Clariond et Lagrula, une carte des anomalies de Bouguer

---

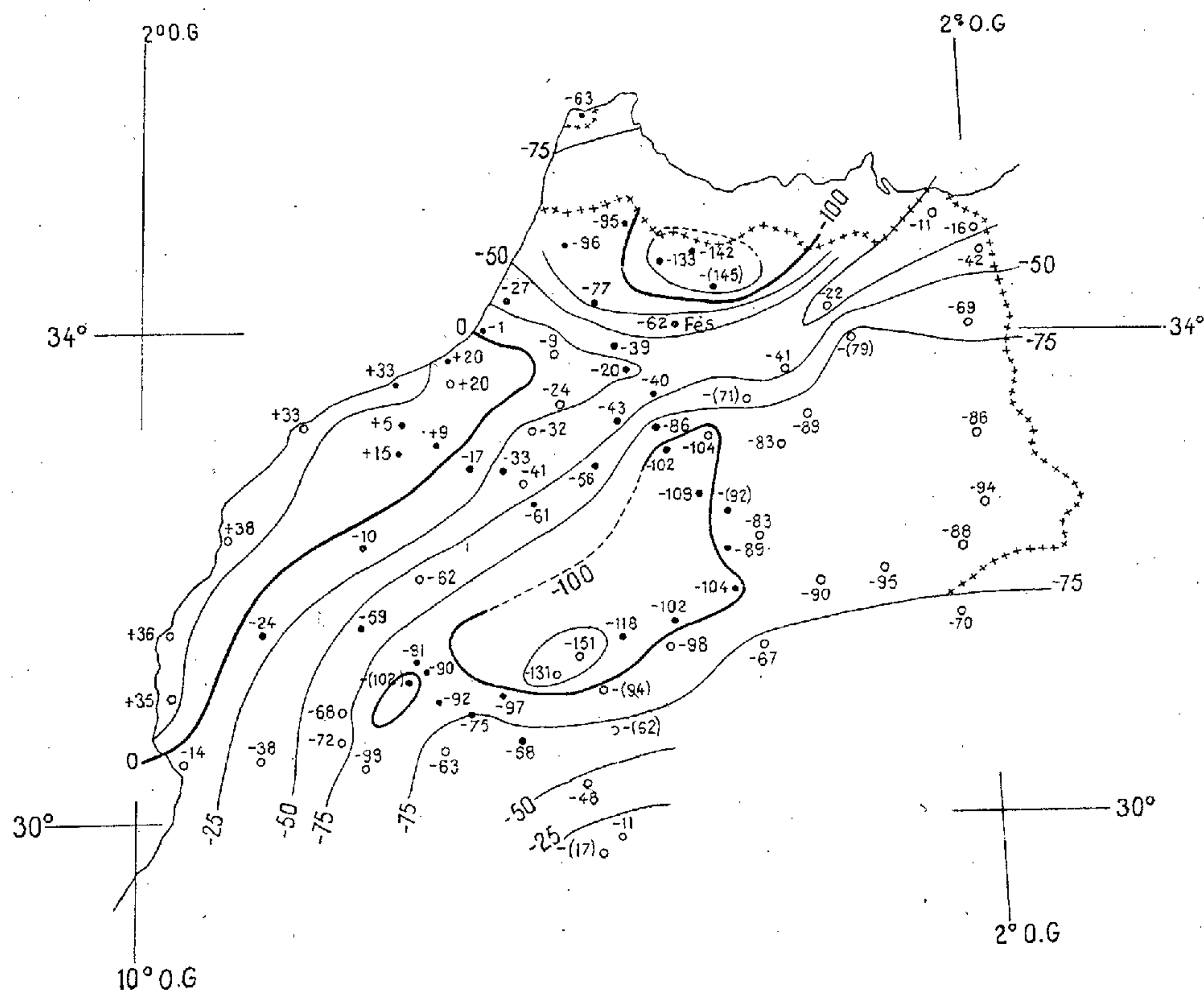
(*) Séance du 28 août 1950.

(1) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 20.

Stations.	Longitude W. Greenwich. ° ′	Latitude. ° ′	Altitude. m	Date.	g. mgals	g_0. mgals	g''_0. mgals	γ'_0. mgals	$g_0-\gamma'_0$. mgals	Correction de relief. mgals	$g''_0-\gamma'_0$. mgals
Tanger	5 48,5	35 47,2	57	25-4	979,738	979,756	979,749	979,812	— 57	0,8	— 62
Berrechid	7 24,7	33 17,9	232	26	563	635	608	603	+ 32	0,4 (*)	+ 6
Rabat	6 50,3	34 01,0	28	29	656	665	662	663	+ 2	0,5	— 1
Port-Lyautey	6 34,6	34 15,9	18	29	653	659	657	684	— 25	0,3	— 27
Souk el Arba	6 00 0	34 41,3	32	30	617	627	623	719	— 92	0,1	— 96
Ouezzane	5 34,2	34 48,0	281	30	579	666	634	729	— 63	0,8	— 94
Fès-es-Bali	5 08,6	34 34,4	(124)	30	552	591	577	710	—119	0,7	—132
Rhafsaï	4 54,9	34 37,7	322	1-5	509	609	573	714	—105	1,5	—140
C. Oulad Daoud	4 41,7	34 24,5	(372)	1	477	592	550	696	—103	0,3	—145
Fès	4 59,9	34 02,5	385	2	528	647	603	665	— 18	0,5	— 61
Meknès	5 33,6	33 54,4	514	3	514	673	615	654	+ 19	0,6	— 39
Petitjean	5 42,7	34 13,6	65	3	591	611	604	680	— 69	0,4	— 76
Bouznika	7 09,8	33 47,5	35	3	657	668	664	644	+ 24	0,5	+ 21
Casablanca	7 36,6	33 35,8	13	5	658	662	661	628	+ 34	0,7	+ 34
Berrechid	7 24,7	33 17,9	232	6	563	635	608	603	+ 32	0,4	+ 6
Settat	7 37,3	33 00,4	359	6	524	635	594	579	+ 56	0,4	+ 16
Benguérir	7 57,6	32 14,6	476	6	413	561	507	517	+ 44	0,1	— 10
Marrakech	8 00,8	31 38,1	457	6	320	460	409	461	— 7	0,7	— 58
Tadderte	7 23,7	31 21,6	1630	7	979,035	538	355	445	+ 93	13,2	— 78
T. n'Tichka	7 21,7	31 18,0	2122	7	978,935	590	351	441	+149	4,7	— 85
Marrakech	8 00,8	31 38,1	457	8	979,320	460	409	467	— 7	0,7	— 58
T. n'Tichka	7 21,7	31 18,0	2122	9	978,935	590	351	441	+149	4,7	— 85
Irherm	7 25,6	31 14,1	(1970)	9	978,947	555	333	435	+120	6,5	— 95
Amerzgane	7 12,9	31 02,7	1330	9	979,068	478	328	420	+ 58	1,7	— 90
Ouarzazate I	6 54,6	30 55,4	1119	10	117	462	336	-	-	-	-
Agdz	6 26,7	30 41,8	952	10	139	432	325	392	+ 40	1,8	— 66
Ouarzazate II	6 54,9	30 55,4	1154	11	110	466	335	410	+ 55	0,8	— 74
Skoura	6 33,4	31 04,1	1218	11	087	463	325	422	+ 41	0,9	— 96
Tinerhir	5 31,6	31 31,3	1280	12	090	485	341	458	+ 27	2,0	—116
Goulmina	4 56,7	31 41,6	1020	13	171	486	371	472	+ 14	0,8	—101
Ksar es Souk	4 25,4	31 56,2	1025	14	187	502	388	492	+ 10	0,6	—104
Rich	4 30,1	32 15,5	(1360)	14	163	588	429	518	+ 70	1,1	— 87
T. n'Talrhent	4 30,0	32 36,0	(1925)	14	077	712	454	546	+166	3,6	— 88
Midelt	4 44,0	32 40,8	1480	14	154	611	444	552	+ 59	1,4	—107
Ag. de Sidi Ali	4 59,8	33 05,2	2070	15	078	717	484	586	+131	3,0	— 99
Timhadit	5 03,7	33 14,4	1836	15	153	720	513	598	+121	1,8	— 84
Ifrane	5 07,2	33 31,0	1638	15	261	766	582	621	+145	3,5	— 36
El Hajeb	5 22,5	33 41,3	1045	16	411	733	615	635	+ 98	1,7	— 18
El Had	5 29,7	33 17,9	906	16	383	662	560	603	+ 59	1,4	— 42
Khenifra	5 39,9	32 56,4	(840)	16	353	612	517	573	+ 39	1,0	— 55
Kasba Tadla	6 15,6	32 35,8	500	17	387	541	485	545	— 4	0,5	— 60
Oued Zem	6 33,8	32 52,1	788	17	380	623	534	568	+ 56	0,3	— 33
Kouribga	6 54,7	32 53,0	798	17	396	642	552	569	+ 73	0,3	— 16
Ben Hamed	7 14,8	33 04,1	585	17	479	659	593	584	+ 75	0,3	+ 10
Ber rechid	7 24,7	33 17,9	232	17	563	635	608	603	+ 32	0,4	+ 6
Casablanca	7 36,6	33 35,8	13	18	658	979,662	979,661	979,628	+ 34	0,7	+ 34
	E. Greenwich.										
Bouzaréah	3 02,1	36 47,8	348	22	917	-	-	-	-	-	-
Bou Saâda	4 10,9	35 12,9	585	25	591	-	-	-	-	-	-
C. de Tirourda	4 21,0	36 28,5	(1740)	26	505	-	-	-	-	-	-
Bouzaréah	3 02,1	36 47,8	348	27	979,917	-	-	-	-	-	-

(*) La correction du relief a été caleulée pour la station au niveau du sol. On remarquera que la correction pour la station de la cave à 12[m] de profondeur, est la même, l'attraction d'une couche sphérique homogène sur un point situé à l'intérieur étant nulle.

(non corrigées pour le relief pour garder l'homogénéité), on peut se faire une première idée générale des caractères principaux de la gravimétrie au Maroc. On constate les fortes anomalies négatives du Rif, celles de l'Atlas séparées des premières par un col le long et au Sud du Sebou : une longue zone d'anomalies positives de l'ordre d'une trentaine de milligals s'étend le long de la côte atlantique, depuis l'embouchure du Sebou jusqu'à la région d'Agadir. La basse vallée de la Moulouya et la côte méditerranéenne du Nord-Est enfin sont marquées de faibles anomalies négatives.



La compensation isostatique des massifs montagneux est évidente, mais elle ne suffit pas à expliquer entièrement les valeurs trouvées : un calcul grossier montre que dans le Rif, il doit rester, après avoir tenu compte des compensations, des anomalies de l'ordre de — 90^{mgals} formant une longue bande étroite sur la bordure Sud du massif; une zone de fortes anomalies négatives s'étend également, de façon plus inattendue, sur la plaine du Rharb; les corrections isostatiques ne modifient pour ainsi dire pas les anomalies de la côte, tandis que celles de l'Atlas deviennent assez fortement positives, (30^{mgals}), indiquant que cette chaîne, ici comme en Algérie, serait imparfaitement compensée.

Incontestablement les anomalies du Rif et du Rharb doivent être attribuées à une situation locale très spéciale : si l'on admet que le Massif recouvre une

couche de terrains de faible densité (le peu de largeur de la bande d'anomalies négatives serrées entre les anomalies positives méditerranéennes et celle du Moyen Atlas écarte l'hypothèse d'une cause très profonde), il faudrait donner à celle-ci au moins 5000^{m} de puissance. Il semblerait, en tout état de cause, que les valeurs du Rif viennent appuyer les hypothèses avancées par Coster [2] qui, à partir de la seule valeur de Tanger, rapprochait le phénomène de ceux que Vening Meinesz a mis en lumière aux Indes Néerlandaises, ce qui impliquerait que les tensions horizontales de l'écorce subsisteraient actuellement [3]. Les anomalies du Rharb pourraient au contraire s'expliquer par la présence d'épaisses couches de sédiments légers, tandis que plus au Sud, les anomalies de la côte supposent soit un soubassement lourd, soit un défaut de compensation des fosses atlantiques. Un rapprochement est peut-être à faire avec les anomalies positives de la côte algérienne étudiées par Lagrula.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des couches de Baza et de la formation de Guadix (Province de Grenade).* Note de MM. **Paul Fallot, Luis Solé, Guillermo Colom** et **Pierre Birot.**

Les formations récentes occupent, au Nord de la Sierra de Baza, depuis les alentours de Guadix jusqu'à ceux de Baza, une superficie de plus de 1 000$^{km^2}$ et cachent le Miocène sous-jacent étudié précédemment [1]. Siegert rapportait leur terme inférieur formé de marnes blanches à gypse, au Messinien, et la série détritique par laquelle se termine le remblaiement du bassin, au Pliocène.

Les investigations auxquelles nous nous sommes livrés depuis 1945 permettent de serrer la question de plus près.

A. *Abords de la Huerta de Baza.* — Les horizons les plus inférieurs qui soient visibles sont formés de marno-calcaires clairs, lités, généralement stériles. Au Sud de la gare de Baza, un lit se montre pétri de Cardiidés dont le chemin de Montesinos, au Nord de la ville, et le confluent des Rios Gallego et Valcabra, quelques kilomètres à l'Est, fournissent d'autres gisements. Les couches fertiles pendent de 1 à 5° au Nord ou au Sud, selon les points. Leur faune, examinée en 1945 par M. A. Chavan est exclusivement constituée d'innombrables *Cerastoderma Lamarki* Reeve, espèce des faciès de dessalure, connue du Miocène supérieur au Quaternaire.

Ces assises sont suivies vers le haut par des marnes et marno-calcaires blancs à gypse, puis par des marno-calcaires sans gypse, l'ensemble mesurant environ 100^{m} de puissance.

---

(2) H. P. Coster, *The gravity field of the western and central Mediterranean*, Batavia, 1945.

(3) Conformément aux vues de P. Fallot, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 997.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1717.

B. *Coupe entre Siete Fuentes et les contreforts de la Sierra de Baza.* — Au Sud-Ouest de la ville, la Huerta de Baza est dominée par des escarpements en gradins où l'on relève la coupe suivante :

1. Brèche dure, dite *Piedra Sanjuanera*, formant falaise................	30^{m}
2. Brèche à éléments plus fins..	20
3. Marnes et marno-calcaires blancs du Cortijo de Pesquera..............	7-8
4. Marno-calcaires et marnes graduellement chargés vers le haut d'éléments détritiques..	40
5. Brèches supérieures, en falaise, se raccordant aux brèches de pente du versant est de la Sierra de Baza..................................	30

La formation 1-2 lenticulaire, s'effile vers le Nord et disparaît 1^{km} au Sud de la Plaza de Toros de Baza. Le prolongement septentrional des couches du Cortijo de Pesquera repose alors sur les marno-calcaires associés aux bancs à *Cerastoderma*.

Le niveau 3, dont la faune déterminée par M. P. Jodot sera analysée ailleurs par ce Paléontologiste, comporte une assise à *Helix* (*Pseudotachea*) *tersannensis* Locard, un lit à *Hydrobia iberica* P. Jodot [= *Hydrobia* (*Belgrandia*) af. *Deydieri* Schlosser 1907; non *B. Deydieri* Dep. et Sayn 1900], enfin un banc supérieur à *Planorbis* (*Paraspira*) *Falsani* Locard. M. Jodot tend à rapporter cet ensemble à la base du Plaisancien inférieur.

C. *Abords de Cortes de Baza.* — Le complexe des couches à *Cerastoderma*, des couches à gypse et des marno-calcaires qui leur font suite, avec le prolongement ou l'équivalent des bancs du Cortijo de Pesquera, s'étend loin vers le Nord. Il règne dans le bassin où les Rios de Baza, Guardal et de Castril confluent pour former le Rio Zujar, qui, en s'orientant vers l'Ouest, prend le nom de Rio Guadiana Menor. Le massif liasique du Jabalcon en émerge comme une île, au Sud du Rio Zujar. Au Nord de ce cours d'eau, la série marno-calcaire admet une intercalation détritique rouge qui s'effile vers l'Est, recouverte par une récurrence, toujours concordante, des marno-calcaires clairs, puissante d'une centaine de mètres.

Vers Cortes de Baza, 16^{km} au Nord de Baza, les marno-calcaires supérieurs ont fourni des ossements de grands mammifères, malheureusement indéterminables, dont D. Angel Casas Morales qui les a dépistés, nous a fait visiter le gisement.

Des ravins s'encaissent là, dans la série qui comporte depuis le fond des barrancos :

1. Marno-calcaires blancs et marnes, avec deux lits à débris de végétaux.. env.	35^{m}
2. Sables et cailloutis roux à débris de mammifères..............	2
3. Marno-calcaires clairs.......................................	2

Le tout est couronné localement par une mince nappe de cailloutis fluviatiles.

Les marno-calcaires avoisinant le niveau à Vertébrés, étudiés par l'un de nous (G. C.), contiennent *Rotalia ammoniformis* d'Orb., forme de dessalure. Mais le caractère dominant de la microfaune est marqué par une extraordinaire abondance d'Ostracodes identiques à ceux qui pullulent dans le Tortonien terminal (Sahélien) de Rojales dans la Province d'Alicante. Il s'agit de *Anomocytheridea Lycetti* Steph., espèce bien connue dans le Miocène terminal d'Amérique du Nord, d'après le Professeur Swain, mais dont l'extension verticale en Europe n'est pas connue. Cette forme indique soit un faciès lagunaire ou marin, soit un lac intérieur salé.

L'on pourrait donc présumer pour ces assises un âge tortonien supérieur ou pliocène. Mais depuis nos investigations (L. S. et P. F.), D. Angel Casas Morales nous a signalé, la découverte dans les mêmes parages, de belles molaires dont la photographie étudiée par M. Arambourg, révèle *Elephas meridionalis* Nesti, type archaïque de Depéret, datant le Villafranchien. L'un de nous (P. B.) vient d'en visiter le gisement. Bien que l'excavation dont proviennent les dents ne fût plus visible, la couche a été repérée. C'est une assise blanche, sablonneuse à taches roussâtres qui se situe, ici, 8-10^{m} au-dessous de la nappe des cailloutis terminaux. La possibilité que les dents proviennent de cette dernière et aient glissé dans une fissure de la série marno-calcaire est exclue.

Elephas meridionalis daterait donc la partie élevée de la série marno-calcaire de Baza, mais pas son sommet qui doit se trouver près de 100^{m} au-dessus. A 300^{m} du gisement, le même observateur a recueilli, environ 15^{m} au-dessous de l'horizon à Éléphants dans un lit sableux dont l'aspect rappelle celui du niveau 2, ci-dessus des Mollusques en mauvais état où M. Chavan a reconnu un *Cerastoderma* et de petits Gastropodes indéterminables. Il s'agirait de formes qui ne vivent plus aujourd'hui dans le bassin méditerranéen et que ce Paléontologiste qualifie de *pas très récentes*.

Bien que toutes ces données soient encore fragmentaires et quelque peu confuses, elles permettent, coordonnées avec celles que nous avons apportées quant au Miocène, d'envisager en première approximation la constitution de la série de Baza de la manière suivante.

En profondeur, au moins au abords de la Sierra de Baza, doit règner le Tortonien de Rejano-Gor.

Sur lui, mais sans que l'on connaisse la nature, transgressive discordante ou non, du contact, la série de Baza elle-même comporte :

a. Les couches plus ou moins lagunaires encadrant les bancs à *Cerastoderma Lamarcki*.

b. Localement, au pied oriental de la Sierra de Baza, la lentille de brèche de la Piedra Sanjuanera, puissante d'environ 50^{m}.

c. Les marno-calcaires à *Pseudotachea tersannensis*, mince horizon dont le prolongement septentrional repose, par suite de l'effilement des conglomérats, sur les couches *a*.

d. Suite de la série marno-calcaire et de marnes à gypse, puissante d'une centaine de mètres, avec, au Nord du Rio Zujar, une intercalation détritique rouge, graduellement

épaissie vers l'Ouest où elle pourrait correspondre à la partie inférieure de la Formation de Guadix.

e. Les marno-calcaires blancs supérieurs, à microfaune marine ou saumâtre de Cortes de Baza, datés par *Elephas meridionalis*.

On peut admettre jusqu'à plus ample informé que les couches des alentours de Baza appartiennent au Pliocène et qu'elles passent vers le Nord et vers le haut, apparemment sans discordance, au Villafranchien. Peut-être l'intercalation détritique rouge du Nord du Rio Zujar marque-t-elle la limite entre Pliocène et Quaternaire. La formation de Guadix, équivalent latéral des couches de Cortes de Baza serait, non du Pliocène, mais du Quaternaire ancien.

La coordination stratigraphique qui précède est commandée par la découverte des molaires d'*Elephas*, dont le gisement, pour confirmé qu'il soit, ne laisse pas de surprendre.

Nous ne saurions trop insister sur l'importance que revêtiraient, maintenant qu'un fil conducteur est trouvé, des recherches de Vertébrés fossiles, menées méthodiquement, lit par lit.

Ce vaste bassin fournira certainement des récoltes susceptibles, à la fois, de confirmer ou rectifier nos conclusions et d'enrichir la paléontologie du Pliocène et du Quaternaire ibériques.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Die Mitglieder der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1700-1950, von Erik Amburger.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Remarques sur une solution de l'équation d'ondes*. Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Après avoir étudié une solution exacte de l'équation d'ondes, on montre qu'on peut l'écrire directement en utilisant les ondes de de Broglie, à qui l'on impose une certaine loi de diffusion.

1. Soit un système soumis à un potentiel perturbateur $R(x)$ agissant entre o et t et Φ_j, E_j les fonctions propres et énergies propres de ce même système non perturbé. La fonction d'ondes $\psi(x, t)$ qui se réduit pour $t=0$ à $\psi(x, 0)=\Phi_n(x)$ est donnée par la formule [1],

$$\psi(x, t)=\frac{1}{R(x)}\sum_n \frac{1}{E_n-E_{n_0}+R(x)}\{(E_n-E_{n_0})e^{-iE_{n_0}t}+R(x)e^{-i[E_n+R(x)]t}\}R_{n_0n}\Phi_n(x),$$

[1] A. Visconti, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 333 (form. 10).

où $\hbar$ est pris égal à 1 et $R_{n_0 n} = \int \Phi_n^*(x) R(x) \Phi_{n_0}(x)\, dx^3$. En posant

$$\omega_n = \frac{E_{n_0} - E_n - R(x)}{2}$$

on obtient, après un calcul facile,

$$\psi(x,\, t)\, e^{iE_{n_0} t} = \Phi_{n_0}(x) - i \sum_n \frac{\sin \omega_n(x) t}{\omega_n(x)} R_{n_0 n} \Phi_n(x)\, e^{i\omega_n(x) t}. \tag{1}$$

De plus : $\omega_n - \omega_{n_0} = (E_{n_0} - E_n)/2$, $\omega_{n_0} = -R(x)/2$;

2. La formule ainsi obtenue permet de retrouver les résultats du calcul des perturbations, le calcul de la perturbation du premier ordre est immédiat sous la simple hypothèse habituelle, $|R(x)| \ll |E_{n_0} - E_n|$, alors $\omega_n \doteq (E_{n_0} - E_n)/2$ peut être pris comme indépendant de x ; la probabilité de transition $E_{n_0} \rightarrow E_{n_1}$ est égal au carré du module de

$$i\, e^{iE_{n_0} t} c_{n_1}^{(1)} = \int \psi(x,\, t)\, \Phi_{n_1}^*(x)\, d^3 x = \frac{\sin \omega_{n_1} t}{\omega_{n_1}} R_{n_0 n_1},$$

qui donne bien l'expression connue. Le calcul des perturbations supérieures peut se faire en considérant dans (1) la sommation dite *onde diffusée*. Nous supposons que $R_{n_0 n_1} = 0$ et qu'il existe un ensemble de pulsations $\omega_{n'}$ telles que $(\sin \omega_{n'} t)/\omega_{n'} \simeq (\sin \omega_{n_1} t)/\omega_{n_1}$. L'onde diffusée s'écrit :

$$\frac{\sin \omega_{n_1} t}{\omega_{n_1}} e^{i\omega_{n_1} t} \sum_{n'} \frac{R_{n_0 n'}}{\omega_{n'}} \omega_{n'} \Phi_{n'}(x) + \sum_{m \neq n'} \frac{\sin \omega_m t}{\omega_m} R_{n_0 m} \Phi_m(x)\, e^{i\omega_m t}.$$

Considérons le terme $\omega_{n'} \Phi_{n'}$ de la première sommation, $\omega_{n'}$ peut être envisagé comme fonction de x et

$$\int \Phi_m^* \omega_{n'} \Phi_{n'}\, d^3 x = \int \Phi_m^* \frac{E_{n_0} - E_m - R(x)}{2} \Phi_{n'}\, d^3 x = -\frac{R_{n' m}}{2},$$

de sorte que

$$i\, e^{iE_{n_0} t} c_{n_1}^{(2)} = -\frac{\sin \omega_{n_1} t}{\omega_{n_1}} \sum_{n_1} \frac{R_{n_0 n'}}{2\, \omega_{n'}} R_{n' n_1}$$

de même pour les approximations supérieures.

3. Le $n^{\text{ième}}$ terme de la sommation de (1) peut être considéré comme une onde de pulsation ω_n et d'amplitude $-2i[(\sin \omega_n t)/\omega_n] R_{n_0 n} \Phi_n(x)$; l'onde ψ résulte de l'interférence de l'onde initiale et de ces ondes. Remarquons qu'en y introduisant l'expression de $R_{n_0 n}$ ce terme s'écrit :

$$\int_\Omega \int_0^t -2i\Phi_n^*(\xi)\, \Phi_n(x) \cos\{\omega_n(x)\tau\}\, \omega_{n_0}(\xi)\, \Phi_{n_0}(\xi)\, d^3\xi\, d\tau = \int_\Omega \int_0^t \chi_n(x;\, \xi,\, \tau)\, \Phi_P\, d^3\xi\, d\tau,$$

où $\chi_n(x;\, \xi,\, \tau) = -2i\Phi_n^*(\xi)\, \Phi_n(x) \cos\{\omega_n(x)\tau\}$ et Φ_P est l'amplitude de l'onde $\psi_P(x,\, t) = \omega_{n_0} \Phi_{n_0} e^{i\omega_{n_0} t}$. L'interprétation d'un problème de rayonnement

à fonction perturbatrice ne contenant pas explicitement t, pourrait se faire comme suit :

a. Le système est considéré dans un état non perturbé stable, donc caractérisé par une des fonctions $\psi_n(x, t) = \Phi_n(x) e^{iE_n t}$.

Soit $\Phi_{n_0}(x, t) = \Phi_{n_0}(x) e^{iE_{n_0} t}$ l'état initial, la pulsation E_{n_0} nous servira d'origine de pulsations.

b. On fait correspondre à la fonction perturbatrice $R(x)$ une onde perturbatrice $\psi_P(x, t) = \Phi_P e^{i\omega_{n_0} t} = \omega_{n_0} \Phi_{n_0} e^{i\omega_{n_0} t}$, où $\omega_{n_0} \doteq -R(x)/2$.

c. L'onde représentée par ψ résulte de l'interférence de l'onde initiale Φ_{n_0} et d'une suite d'ondes de pulsations ω_n : $\omega_n - \omega_{n_0} = (E_{n_0} - E_n)/2$ obtenues par diffusion de l'onde perturbatrice par le domaine spatio-temporel, où règne la perturbation $R(x)$. La contribution de l'unité de volume spatio-temporel entourant le point ξ, τ à l'amplitude de l'onde diffusée ω_n est proportionnelle à l'amplitude de l'onde perturbatrice $\psi_P(x, t)$, le coefficient de proportionnalité ou *coefficient de diffusion* étant $\chi_n(x; \xi, \tau) = -2i\Phi_n^*(\xi)\Phi_n(x) \cos\{\omega_n(x)\tau\}$

Ainsi donc il est facile d'écrire directement l'expression de la fonction d'ondes, sans utiliser l'équation d'ondes et en se bornant à faire usage du schéma des ondes de de Broglie à qui l'on impose d'être diffusées suivant une certaine loi. Le coefficient de diffusion peut d'ailleurs être écrit sous forme exponentielle

$$-2i\Phi_n^*(\xi)\Phi_n(x) e^{-2i\omega_n(x)\tau}.$$

4. On peut appliquer les remarques précédentes à la théorie du positon. Les idées développées par MM. Stuckelberg et Feynman s'étendent à la théorie exposée ici, en particulier la deuxième expression du coefficient de diffusion permettrait d'introduire facilement le noyau de M. Feynman. Nous pouvons prévoir les cas où, partant d'un électron ou d'un positon libre, il y ait une probabilité nulle de trouver respectivement un positon ou un électron à la fin de la perturbation après une seule diffusion. Cette éventualité a lieu si la particule initiale étant E_{n_0+} le développement de ψ ne renferme que des Φ_{n+}, ou bien pour le cas E_{n_0-} ce même développement ne comporte que des Φ_{n-}. L'éventualité dépend donc des coefficients $R_{n_0 n}$, or

$$R(x)\Phi_{n_0}(x) = -2\omega_{n_0}(x)\Phi_{n_0}(x) = -2\Phi_P(x) = \Sigma R_{n_0 n}\Phi_n(x),$$

ainsi donc : suivant que l'amplitude de l'onde perturbatrice admettra uniquement des composantes suivant les Φ_{n+}, ou bien uniquement suivant les Φ_{n-}, la première ou la deuxième éventualité se trouvera réalisée. C'est là une précision sur le sens de l'onde perturbatrice.

ASTRONOMIE. — *Sur la résolution de l'équation d'Euler relative aux orbites paraboliques.* Note de M. **Benjamin de Jekhowsky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La méthode employée généralement pour la résolution de l'équation d'Euler est celle d'Encke, avec utilisation des Tables d'Oppolzer.

D'après Encke, dans cette équation, savoir :

$$(1) \qquad (r_1 + r_2 + \sigma)^{\frac{3}{2}} - (r_1 + r_2 - \sigma)^{\frac{3}{2}} = 6\tau,$$

où r_1 et r_2 sont les distances héliocentriques des lieux extrêmes de l'astre, σ la corde joignant ces deux lieux et $\tau = k\,(t_2 - t_1)$ l'intervalle de temps, on pose

$$(2) \qquad \eta = 2\tau(r_1 + r_2)^{-\frac{3}{2}} \quad \text{et} \quad \sigma = \eta\mu(r_1 + r_2),$$

où la quantité μ est donnée par la Table mentionnée, calculée d'après une série, dont les coefficients sont déterminés par la méthode des coefficients indéterminés.

C. E. Adams [1] remarquant que la méthode d'Encke est simple lorsque l'on se sert des Tables de Logarithmes, mais devient difficile à manier lorsque l'on utilise la machine à calculer, pose

$$(3) \qquad \sin\gamma = \sigma(r_1 + r_2)^{-1}$$

et de la relation

$$(4) \qquad \eta = \frac{1}{3}\left[(1 + \sin\gamma)^{\frac{3}{2}} - (1 - \sin\gamma)^{\frac{3}{2}}\right]$$

déduit la valeur de η sous forme de série lentement convergente des puissances de $\sin\gamma$, de sorte que pour obtenir cinq décimales exactes dans le cas où $\sin\gamma$ est grand (cas très rare en pratique) il est nécessaire de calculer les termes de la série, jusqu'à celui de la onzième puissance. Enfin, par interversion de la série, l'auteur obtient également le développement [2] de $\sin\gamma$ suivant les puissances de η.

L'objet de la présente Note est de montrer que la résolution de l'équation d'Euler peut être obtenue de façon à avoir *directement* les quantités $\sin\gamma$ et μ sous forme des séries indiquées par les auteurs cités.

En effet avec (3), l'équation (1), après toutes réductions faites, devient

$$(5) \qquad 3\sin\frac{\gamma}{2} - 2\sin^3\frac{\gamma}{2} = 3\eta_1, \qquad \text{avec} \quad \eta_1 = \tau(r_1 + r_2)^{-\frac{3}{2}}.$$

---

(1) *Solution of Euler's equation in a Parabolic Orbit.* (*Astr. Nachr.*, B. 235, n° 5617, 1929, p. 11-14).

(2) *Tables for the solution of Euler's equation for the parabola calculated*, by C. E. Adams, *loc. cit.*

Élevons au carré les deux membres de cette équation et, en posant $y = \sin^2 \gamma/2$, écrivons

$$y^3 - 3y^2 + 3y - 1 - \frac{3}{4}y + 1 - \frac{9}{4}\eta_1^2 = 0,$$

d'où

$$(6) \qquad y - 1 = \left[-1 + \frac{3}{4}(y + 3\eta_1^2)\right]^{\frac{1}{3}}.$$

Mais comme il s'agit toujours d'observations rapprochées de sorte que l'intervalle de temps entre les observations extrêmes est petit et comme $\sin \gamma/2 \# \eta_1$, nous pouvons, dans le développement du second membre suivant la formule de binome de Newton, négliger les termes à partir du troisième ordre en $y + 3\eta_1^2$; on a alors l'équation du second degré par rapport à y :

$$(7) \qquad y^2 - 6y(2 - \eta_1^2) + 3\eta_1^2(3\eta_1^2 + 4) = 0,$$

d'où

$$(8) \qquad y = \sin^2\frac{\gamma}{2} = \eta_1^2\left(1 + \frac{4}{3}\eta_1^2 + \frac{8}{9}\eta_1^4 + \ldots\right).$$

Connaissant y, on a $(1-y)$ et, en ne conservant que les deux premiers termes de la série, ce qui est largement suffisant dans les calculs à six ou sept décimales, on obtient

$$(9) \qquad \sin\gamma = 2\eta_1\left(1 + \frac{1}{6}\eta_1^2 + \ldots\right).$$

Si maintenant dans cette relation on fait $2\eta_1 = \eta$, on trouve la série indiquée par C. E. Adams.

Enfin, d'après (2) et (3) de la comparaison avec (9), il résulte

$$\sin\gamma = \eta\mu = 2\eta_1\left(1 + \frac{1}{6}\eta_1^2 + \ldots\right),$$

d'où, sans passer par le calcul des coefficients par la méthode des coefficients indéterminés

$$\mu = 1 + \frac{1}{6}\eta_1^2 + \ldots = 1 + \frac{1}{24}\eta^2 + \ldots,$$

qui est le développement de μ, d'après Encke suivant les puissances de η_1 ou de η.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie unitaire affine*. 3. *Les équations du champ*. Note (*) de Mme **Marie-Antoinette Tonnelat**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans une théorie affine, le principe d'action stationnaire s'applique aux seules variations $\delta\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$ des coefficients de connexion affine. On ne peut obtenir, sans particulariser la fonction d'action, les équations des champs telles que $R_{\mu\nu} = 0$ qui, dans une théorie métrique, résultent des variations $\delta g^{\mu\nu}$, les $g^{\mu\nu}$ étant alors des variables indépendantes. Ici d'après N_1 (8) les densités $\mathcal{R}^{\mu\nu}$ sont fonctions des $\Delta^{\rho}_{\mu\nu}$ et, pour aller plus loin, il faut attribuer à la fonction d'action $\mathcal{A}$ une forme particulière. Si

$$\mathcal{A} = \frac{2}{\lambda}\sqrt{-\overset{*}{R}} \tag{2}$$

en posant $\overset{*}{R}_{\mu\nu} = R_{\mu\nu}(\overset{*}{\Delta})$ $\overset{*}{R} = R(\overset{*}{\Delta}) = \det. R_{\mu\nu}(\overset{*}{\Delta})$, $N_1(8)$ s'écrit

$$\lambda\mathcal{R}^{\mu\nu} = \sqrt{-\overset{*}{R}}\,\overset{*}{R}^{\mu\nu},$$

c'est-à-dire

$$R^{*}_{\mu\nu} = \lambda r_{\mu\nu} \text{ [1]} \tag{3}$$

en posant comme précédemment $\mathcal{R}^{\mu\nu} = \omega r^{\mu\nu}$ $(\omega = \sqrt{-r})$. Nous connaissons [2] l'expression du tenseur de base $U_{\mu\nu}(\Delta) = R_{\mu\nu}(\overset{*}{\Delta})$ en fonction des coefficients $\overset{*}{\Delta}$ et par conséquent, compte tenu de $N_1(13)$, des coefficients Δ'. En posant $R_{\mu\nu} = G_{\mu\nu} - F_{\mu\nu}$ (G sym., F antisym. en μ, ν) (3) s'écrit alors

$$\begin{aligned} G_{\mu\nu} = {} & \overset{\circ}{G}_{\mu\nu} + \overset{\circ}{D}_{\rho} u^{\rho}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}(D_{\mu}u_{\nu} + D_{\nu}u_{\mu}) \\ & + u^{\rho}_{\mu\nu}u_{\rho} - u^{\lambda}_{\mu\rho}u^{\rho}_{\lambda\nu} - \frac{1}{4}\Lambda'^{\lambda}_{\mu\rho}\Lambda'^{\rho}_{\lambda\nu} + \frac{1}{2}\gamma_{\mu\nu}\overset{\circ}{D}_{\rho}f^{\bar{\rho}} + \frac{1}{2}\gamma_{\mu\nu}f^{\bar{\rho}}u_{\rho} \\ & + \frac{1}{2}(f_{\mu}f_{\bar{\bar{\nu}}} + f_{\nu}f_{\bar{\bar{\mu}}}) - \frac{1}{3}f_{\mu}f_{\nu} - \frac{1}{2}f_{\bar{\bar{\mu}}}f_{\bar{\bar{\nu}}} - \frac{1}{6}f_{\bar{\mu}}f_{\bar{\nu}} = \lambda\gamma_{\mu\nu}, \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} -F_{\mu\nu} = {} & \frac{1}{2}\overset{\circ}{D}_{\rho}\Lambda'^{\rho}_{\mu\nu} + \frac{1}{2}\Lambda'^{\rho}_{\mu\nu}u_{\rho} - \frac{1}{2}(u^{\lambda}_{\mu\rho}\Lambda'^{\rho}_{\lambda\nu} + u^{\rho}_{\lambda\nu}\Lambda'^{\lambda}_{\mu\rho}) \\ & - \frac{1}{2}\varphi_{\mu\nu}\overset{\circ}{D}_{\rho}f^{\bar{\rho}} - \frac{1}{2}\varphi_{\mu\nu}f^{\bar{\rho}}u_{\rho} + \frac{1}{3}(\partial_{\mu}f_{\nu} - \partial_{\nu}f_{\mu}) \\ & - \frac{1}{2}(\partial_{\mu}f_{\bar{\bar{\nu}}} - \partial_{\nu}f_{\bar{\bar{\mu}}}) + \frac{1}{6}(f_{\mu}f_{\bar{\nu}} - f_{\nu}f_{\bar{\mu}}) = -\lambda\varphi_{\mu\nu}. \end{aligned} \tag{5}$$

Nous désignons comme précédemment par $\overset{\circ}{D}$ la dérivée covariante écrite avec les symboles $\{\}$ et par $\overset{\circ}{G}_{\mu\nu}$ le tenseur contracté écrit avec ces mêmes

---

(*) Séance du 7 août 1950.

[1] Il en résulte $\mathcal{A} = 2\lambda\sqrt{-r}$.

[2] *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 470, relation (4). Nous désignerons les relations de cette Note par N_1, et celles des *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 487, par N_2.

symboles, $\overset{\circ}{G}_{\mu\nu} = R_{\mu\nu}(\{\}) = R^{\rho}_{\mu\nu\rho}(\{\})$. Nous devons maintenant remplacer les $u^{\rho}_{\mu\nu}$ et $\Lambda'^{\rho}_{\mu\nu}$ par les valeurs obtenues dans la Note précédente. Jusqu'à présent nous n'avons fait aucune approximation. Supposons maintenant que les $\varphi_{\mu\nu}$ soient des quantités petites ε par rapport à l'unité et convenons de négliger les termes en ε^3. $\sqrt{-r}f^{\rho} = \partial_{\mu}\mathfrak{F}^{\mu\rho} = \partial_{\mu}\sqrt{-r}f^{\mu\rho}$ est de l'ordre de $\varphi_{\mu\nu}$. A l'approximation admise, on a donc simplement

$$\overset{\circ}{G}_{\mu\nu} + \overset{\circ}{D}_{\rho}u^{\rho}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\overset{\circ}{D}_{\mu}\overset{\circ}{D}_{\nu}\operatorname{Log} r - \frac{1}{4}\Lambda'^{\lambda}_{\mu\rho}\Lambda'^{\rho}_{\lambda\nu} + \frac{1}{2}\gamma_{\mu\nu}\overset{\circ}{D}_{\rho}f^{\rho} - \frac{1}{3}f_{\mu}f_{\nu} = \lambda\gamma_{\mu\nu}, \tag{6}$$

$$D_{\rho}\Lambda'^{\rho}_{\mu\nu} + \frac{2}{3}(\partial_{\mu}f_{\nu} - \partial_{\nu}f_{\mu}) = -2\lambda\varphi_{\mu\nu}, \tag{7}$$

avec, d'après $N_2(6)$ et $N_2(9)$,

$$V_{\mu\nu,\rho} \simeq R_{\mu\nu,\rho} \simeq -2\overset{\circ}{D}_{\rho}\varphi_{\mu\nu} + I_{\mu\nu\rho}$$
$$2u_{\mu\nu,\rho} \simeq -2\gamma^{pq}(\varphi_{\nu p}\overset{\circ}{D}_{q}\varphi_{\mu\lambda} + \varphi_{\mu p}\overset{\circ}{D}_{q}\varphi_{\nu\lambda}) + \varphi^{pq}(\varphi_{\nu p}I_{\mu\lambda q} + \varphi_{\mu p}I_{\nu\lambda q}).$$

Considérons d'abord (7). Cette équation s'écrit encore :

$$\overset{\circ}{\square}\varphi_{\mu\nu} + \gamma^{\rho\lambda}\overset{\circ}{G}^{p}_{\rho\mu\nu}\varphi_{p\lambda} + \frac{1}{3}(\partial_{\mu}f_{\nu} - \partial_{\nu}f_{\mu}) = 0, \tag{8}$$

compte tenu de (6) qui se réduit au premier ordre à $\overset{\circ}{G}_{\mu\nu} \simeq \lambda\gamma_{\mu\nu}$ et des identités :

$$\overset{\circ}{D}_{[\rho}\overset{\circ}{D}_{\mu]}\varphi_{\nu\lambda} = \overset{\circ}{G}^{p}_{\nu\rho\mu}\varphi_{p\lambda} + \overset{\circ}{G}^{p}_{\lambda\rho\mu}\varphi_{\nu p} \qquad \overset{\circ}{G}^{p}_{[\mu\nu\rho]} = 0.$$

En supposant qu'à l'approximation du premier ordre

$$3\overset{\circ}{G}^{p}_{\rho\mu\nu} = \lambda(\gamma_{\rho\mu}\delta^{p}_{\nu} - \gamma_{\rho\nu}\delta^{p}_{\mu})$$

on obtient :

$$\overset{\circ}{\square}\varphi_{\mu\nu} + \frac{1}{3}(\partial_{\mu}f_{\nu} - \partial_{\nu}f_{\mu}) = \frac{2\lambda}{3}\varphi_{\mu\nu}. \tag{9}$$

Posons $\psi_{\mu\nu} = -1/3(\partial_{\mu}f_{\nu} - \partial_{\nu}f_{\mu})$. L'équation (9) a pour conséquence $\overset{\circ}{\square}f_{\nu} = 1/2\,\lambda f_{\mu}$ et $\overset{\circ}{\square}\psi_{\mu\nu} = 1/2\,\lambda\psi_{\mu\nu}$.

Le champ en rotationnel $\psi_{\mu\nu}$ n'a pas une divergence nulle. On a en effet $6\gamma^{\rho\mu}D_{\rho}\psi_{\mu\nu} = \lambda f_{\nu}$. Par contre, la densité de courant électrique

$$6\,\mathfrak{J}^{\sigma} = \varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma}(\partial_{\mu}\psi_{\nu\rho} + \partial_{\rho}\psi_{\mu\nu} + \partial_{\nu}\psi_{\rho\mu})$$

est identiquement nulle. Si $f_{\rho} = 0$ (condition de w; $\overset{*}{\rho} = 0$, 4[e] équation d'Einstein) le champ $\psi_{\mu\nu}$ disparaît. Le champ $\varphi_{\mu\nu}$ dont la divergence est nulle et dont l'équation de propagation se déduit immédiatement de (9) conduit à une densité de courant électrique $6\,\mathfrak{J}^{\sigma} = \varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma}I_{\mu\nu\rho}$ non nulle mais conservative ($\partial_{\sigma}\mathfrak{J}^{\sigma} = 0$).

---

(1) En effet $f^{\mu\nu}$ tel que $r^{\mu\nu} = g^{\mu\nu} - f^{\mu\nu}$ se déduit de $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} - \varphi_{\mu\nu}$ par le calcul de r et du mineur $rr^{\mu\nu}$. On a comme dans la théorie de Born-Infeld $rf^{\mu\nu} = \gamma\gamma^{\mu\sigma}\gamma^{\nu\rho}\varphi_{\sigma\rho} + \varphi\varphi^{\mu\nu} \simeq \varphi_{\mu\nu}$.

L'hypothèse $f_\rho = 0$, qui n'est pas indispensable pour obtenir des équations du type $r^{\mu\nu}$; $\rho' = 0$, w; $\rho' = 0$ ne nous semble pas nécessaire. Quant à l'équation (6) elle s'écrit encore

$$\mathring{G}_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\mathring{G}\gamma_{\mu\nu} + \lambda\gamma_{\mu\nu} = kT_{\mu\nu}, \qquad T_{\mu\nu} = \tau_{\mu\nu} - \frac{1}{2}\gamma_{\mu\nu}\tau,$$

avec $\tau_{\mu\nu} = -\dot{D}_\rho u^\rho_{\mu\nu} + 1/2\, D_\mu D_\nu \operatorname{Log} r + 1/4\, \Lambda'^\lambda_{\mu\nu}\Lambda'^\rho_{\lambda\nu} + 1/2\, \gamma_{\mu\nu} D_\rho \bar{f}^\rho - 1/3\, f_\mu f_\nu$ et montre que les équations de la gravitation dans le vide sont vérifiées au second ordre près, l'influence du champ électromagnétique se traduisant par les termes du second ordre $T_{\mu\nu}$.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Influence de l'émission froide sur le retard disruptif dans les gaz comprimés.* Note de M. **André Boulloud**, transmise par M. Frédéric Joliot.

La comparaison des retards disruptifs dans l'air et CO_2 comprimés montre que pour des champs électriques de l'ordre de 20 kV/mm, le retard statistique moyen dépend du métal de la cathode. Cet effet doit être attribué à l'émission froide d'électrons en nombre suffisant pour dispenser de l'emploi de sources d'ionisation artificielle dans les mesures de potentiel disruptif.

Diverses recherches expérimentales sur le potentiel disruptif entre plateaux parallèles [1], [2] ont établi que l'emploi d'une source d'ionisation artificielle pour éviter le retard disruptif devenait inutile dans les gaz habituellement étudiés (air, CO_2, N_2) à partir de pressions de l'ordre de 6 kg/cm². D'autre part, les écarts souvent considérables à la loi de Paschen, présentés par ces mêmes gaz à des pressions de quelques dizaines d'atmosphères, doivent être attribués, au moins en partie, à l'émission froide d'électrons à partir de la cathode [3], [4].

Pour déceler une corrélation éventuelle entre les deux phénomènes, on a dénombré les étincelles passant en un temps donné, à la même pression, entre plateaux parallèles de métaux différents, suivant leur polarité. La haute tension continue fournie par un redresseur alimenté par une source stabilisée se maintenait constante à $\pm 0{,}3\ \%$. Ce mode opératoire a pour effet d'ajouter au retard disruptif la durée, inférieure à une seconde, de restauration de la tension après chaque étincelle. Les connexions étaient inversées toutes les 15 ou 20 minutes pour atténuer les effets de formation et d'altération des électrodes. Chaque expérience a porté sur plusieurs centaines d'étincelles pour chaque polarité et a été répétée plusieurs fois après repolissage des électrodes.

Les essais effectués dans l'air à des pressions comprises entre 3 et 8 kg/cm²

---

(1) B. Gänger, *Arch. für Elekt.*, **34**, 1940, p. 633-652.

(2) R. F. Goossens, *Conf. Int. Gr. Rés. Élec.*, **2**, 1948, Rap. **117**.

(3) N. J. Félici et Y. Marchal, *Rev. Gén. Électr.*, **57**, 1948, p. 155-162.

(4) D. R. Young, *J. Appl. Phys.*, **21**, 1950, p. 222-231.

et pour des champs électriques de 10 à 25 kV/mm ont permis de classer les métaux utilisés, suivant le nombre croissant d'étincelles obtenues lorsqu'ils sont cathodes, dans l'ordre acier inoxydable à 18 % Cr, 8 % Ni, cuivre électrolytique, acier doux, aluminium. A 4 kg/cm², pour un champ de 13,6 kV/mm, une cathode d'acier inoxydable formée donne encore environ trois fois moins d'étincelles qu'une de cuivre. Par contre, à 3 kg/cm² pour un champ de 10 kV/mm on n'a pas relevé de différence sensible entre des électrodes d'Al et Cu fraîchement polies.

Le classement obtenu est précisément celui trouvé par N. Félici et Mlle Y. Marchal ([3]) dans leurs recherches sur les écarts à la loi de Paschen. C'est aussi celui des potentiels d'extraction croissants, compte tenu des gaz et oxydes souillant les surfaces, ce qui apporte un appui sérieux à l'attribution de l'origine des germes de la décharge à l'émission froide. Celle-ci étant très sensible aux faibles variations de champ, on a effectué quelques essais entre un plan et un hémisphère de 2^{cm} de rayon, tous deux en cuivre rouge, écartés de $0^{mm},75$. Le champ sur la sphère est alors supérieur de 3,8 % à celui sur le plan. Dans ces conditions, pour une tension appliquée de 17,3 kV, il est passé en une heure 1809 étincelles, la sphère étant cathode et 583 pour l'autre polarité, la pression étant de 7 kg/cm².

L'utilisation de radium comme source d'ionisation artificielle introduisait un accroissement du nombre d'étincelles généralement inférieur aux écarts observés lors des changements de polarité, sauf aux faibles pressions (voisines de 4 kg/cm²).

Ces expériences mettent en outre en évidence le phénomène de formation des électrodes (l'acier inoxydable commence par être meilleur émetteur que le cuivre) et les altérations dues aux étincelles ([5]), ([6]). Après quelques centaines d'amorçages les cathodes d'acier doux et d'aluminium se couvrent d'oxyde pulvérulent et sont le siège d'une émission électronique intense, accompagnée souvent d'un courant permanent pouvant dépasser une dizaine de microampères et de plages lumineuses à la surface des électrodes. Il en résulte non seulement un nombre accru d'étincelles, mais un abaissement du potentiel disruptif pouvant dépasser 1 %.

Dans CO_2, qui se comporte en piège à électrons libres, les effets sont analogues pour les mêmes champs électriques, mais beaucoup moins marqués. On n'a pas observé de courant permanent et l'influence du radium est plus sensible que dans l'air.

Il convient de souligner que, les durées d'amorçage mesurées dans des conditions analogues étant incompatibles avec le développement des ava-

---

([5]) J. D. Cobine et E. C. Easton, *J. Appl. Phys.*, 14, 1943, p. 321-331.
([6]) F. Llewellyn Jones, *Proc. Phys. Soc.*, Sect. B, 62, 1949, p. 366-376.

lanches successives de la théorie de Townsend, les étincelles obtenues s'édifient suivant le processus proposé par Meek (7) indépendant de la nature de la cathode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Relation entre la transformation thermique du verre et l'apparition d'une tension interne.* Note (*) de Mme **Aniuta Winter-Klein** et M. **Francis Naudin**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour trois types de verre, la température d'apparition de la tension est la même que celle de la variation brusque de l'évolution de l'indice de réfraction avec la température.

Dans un certain intervalle de température les constantes physiques du verre subissent des modifications importantes du fait d'une transformation de la matière. Ainsi la valeur de l'indice de réfraction croît avec la température, puis à partir d'une température T_1 décroît brusquement dans de grandes proportions jusqu'à une température T_2 où elle recommence à croître. Les tensions mécaniques présentent aussi vers ces températures des variations importantes.

Nous avons cherché à mettre en évidence une connexion entre ces deux phénomènes.

Sur le même échantillon de verre sont mesurés simultanément l'indice de réfraction et la biréfringence en fonction de la température. L'échantillon est taillé en forme de prisme isoscèle dont l'arête est tronquée pour donner une facette qui forme avec la base du prisme une lame épaisse à faces parallèles sur laquelle est mesuré le retard optique causé par la biréfringence acquise par l'échantillon par suite des traitements thermiques qu'il a subis. Pour calculer cette biréfringence on mesure l'ellipticité d'un faisceau de lumière polarisée rectilignement après traversée de l'échantillon, au moyen d'un analyseur à pénombre à quatre plages juxtaposées. L'indice de réfraction est mesuré dans le four même grâce à la forme prismatique de l'échantillon de verre (1). La température de l'enceinte est contrôlée à 1 degré près.

Trois types de verre : boro-silicate crown, baryum crown dense et flint léger ont été étudiés de la manière suivante : partant de la température ordinaire on élève celle-ci progressivement jusqu'à une température finale voisine de T_2. La durée de la chauffe ne dépasse pas deux heures pendant lesquelles on mesure d'une façon continue l'indice de réfraction et la biréfringence. On trace alors deux courbes : indiquant en fonction de la température, indice de réfraction et biréfringence exprimée en millimicrons pour $4^{cm},5$ de verre traversé.

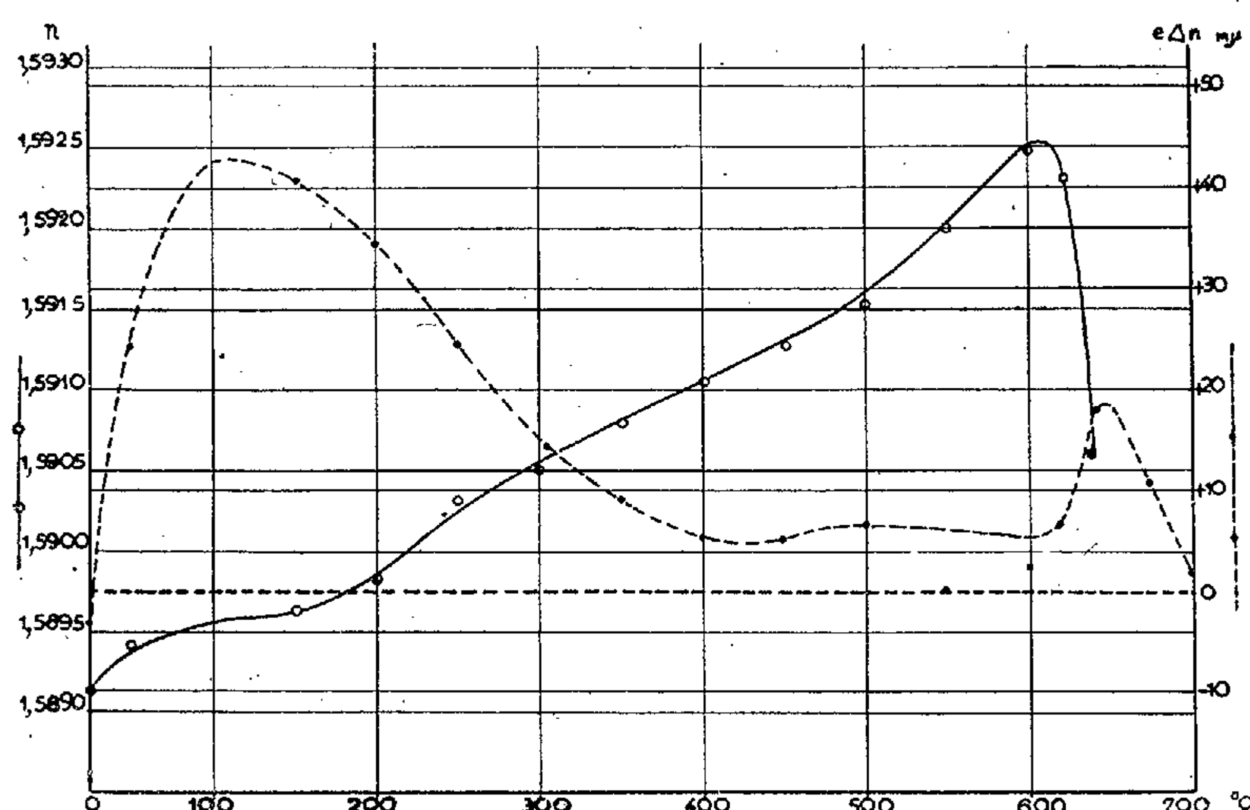
---

(7) J. M. Meek, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 722-728.

(*) Séance du 31 juillet 1950.

(1) *Cf. Verres et Réfractaires*, août 1948, p. 211 à 221. L'évolution moderne du problème du recuit du verre par A. Winter-Klein.

La valeur de l'indice de réfraction (courbe en trait plein) croît lentement avec la température jusqu'à une valeur T_1 où brutalement elle se met à décroître de plusieurs unités de la troisième décimale jusqu'à une valeur T_2



Courbe en trait plein : évolution de l'indice de réfraction en fonction de la température.
Courbe en trait pointillé : variation du retard optique dû à la biréfringence de l'échantillon, en fonction de la température.

où elle recommence à croître. De la courbe de biréfringence (courbe en trait pointillé) on peut tirer les conclusions suivantes : Les tensions croissent au début du chauffage, car l'extérieur est plus chaud que l'intérieur de l'échantillon, puis à mesure que l'intérieur se réchauffe les tensions diminuent et se stabilisent lorsqu'un gradient constant de température s'est établi. Arrive le phénomène de transformation, l'extérieur plus chaud que l'intérieur se transforme plus tôt, des tensions dites permanentes naissent et l'on observe le deuxième extremum de la courbe de biréfringence; puis, à la fin de la zone de transformation, les températures de l'extérieur et de l'intérieur s'égalisent et les tensions se stabilisent au niveau des tensions nulles.

Ces deux courbes portées sur le même graphique indiquent avec netteté que la zone de transformation est commune à l'indice de réfraction et aux tensions mécaniques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Coefficients d'accommodation de l'acétaldéhyde à 273° K sur le platine entre 1000 et 1300° K.* Note (*) de MM. **Xavier Duval** et **Michel Niclause**, présentée par M. Paul Pascal.

1. Nous avons montré précédemment [1] que des molécules CH_3CHO sous basse pression et à la température $T_0 = 273°K$ ne se décomposent pas par impact sur un filament de platine chaud même si la température T_f de celui-ci atteint 1300° K. Or, on sait que la pyrolyse homogène de l'acétaldéhyde pur [2] a déjà une vitesse notable dès 750° K. Ces deux faits ne sont évidemment compatibles que si le coefficient d'accommodation α_i pour l'énergie interne (rotation et vibration) de CH_3CHO sur le platine, est nettement inférieur à 1. Aussi avons-nous cherché à vérifier directement cette conséquence en déterminant expérimentalement α_i pour des valeurs de T_f comprises entre 1000 et 1300° K.

2. Soit un filament métallique rectiligne (de rayon a, de longueur l et à la température T_f) tendu suivant l'axe d'une ampoule cylindrique en verre (de rayon r) dont la paroi est maintenue à la température $T_0 (T_0 < T_f)$, a étant négligeable devant r. L'ampoule contient un gaz de masse moléculaire M à une pression p suffisamment basse pour que le libre parcours moyen des molécules soit supérieur au rayon de l'ampoule (domaine de Knudsen).

Soient C_v la chaleur spécifique du gaz à T° K, α_t et α_i les coefficients d'accommodation sur le filament de l'énergie de translation et de l'énergie interne (rotation et vibration), R la constante des gaz parfaits. On démontre que la puissance W_c (en watt) dissipée par conductibilité calorifique gazeuse par le filament est liée à p (en mm Hg), l et a (en cm), T_0 et T_f (en °K), C_v et R (en cal/mole.degré) M (en g), α_t et α_i, par la relation générale :

$$(1) \qquad \frac{W_c}{p} = 1,544 \frac{la}{\sqrt{MT_0}} \left\{ \frac{R}{2}(T_f - T_0)(4\alpha_t - 3\alpha_i) + \alpha_i \int_{T_0}^{T_f} C_v \, dT \right\}$$

La détermination expérimentale, aux très basses pressions, de W_c/p, connaissant a, l, M, T_0 et T_f, et les variations de C_v avec T, ne permet évidemment pas, à elle seule, la détermination de α_t et de α_i, mais donne une relation linéaire (1) entre ces deux grandeurs. Ces coefficients sont, par définition, compris entre 0 et 1, et l'on a par ailleurs de nombreuses raisons de penser que $\alpha_i \leq \alpha_t$ [3] [4]. *La mesure de* W_c/p *permet donc d'encadrer la valeur réelle*

(*) Séance du 16 août 1950.

[1] M. Niclause, X. Duval et M. Letort, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 491.

[2] M. Niclause, P. Goldfinger et M. Letort, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 437.

[3] *Cf.* A. Eucken, *Naturwiss.*, **25**, 1937, p. 209.

[4] *Cf.* K. Schäfer, *Fortschr. chem. Forsch.*, **1**, 1949, p. 61.

de α_i par les deux valeurs limites $\alpha_{i\min}$ *et* $\alpha_{i\max}$ obtenues à partir de la relation (1) en supposant tour à tour $\alpha_t = 1$ [comme tendent à l'admettre certains auteurs (3) (4)] et $\alpha_t = \alpha_i = \bar{\alpha}$.

3. Nous avons appliqué les considérations précédentes à l'étude de l'accommodation de CH_3CHO à 273°K sur le platine entre 1 000 et 1 300°K.

La technique expérimentale sera décrite ailleurs. A chaque température T_f du filament, on détermine la puissance W_r dissipée sous vide et la puissance W dissipée sous une pression p (quelques μHg); on en déduit la puissance $W_c = W - W_r$ dissipée par conductibilité calorifique gazeuse.

La variation de C_v avec T pour l'acétaldéhyde étant connue (5), la mesure de W_c/p dans le domaine de Knudsen permet de déterminer, pour chaque température T_f, les deux valeurs limites $\alpha_{i\max}$ et $\alpha_{i\min}$.

T_f°K	1000.	1100.	1205.	1310.
W_c/p watt/mm Hg	4,65	5,22	5,77	5,98
$\alpha_{i\max} = \bar{\alpha}$	0,37	0,35	0,33	0,31
$\alpha_{i\min}$	0,21	0,19	0,17	0,15

On voit que α_i est très nettement inférieur à 1. Les molécules CH_3CHO qui quittent le filament ont, par suite, une énergie interne moyenne qui correspond à des températures beaucoup plus basses que T_f et encore inférieures à 700°K quand $T_f = 1300$°K.

Ces résultats concordent avec l'observation (1) que des molécules d'acétaldéhyde à 273°K ne subissent pas de décomposition par impact sur un filament de platine même à 1300°K.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Initiation de la polymérisation de l'acétaldéhyde en polyacétaldéhyde.* Note (*) de MM. **Maurice Letort** et **Julien Pétry**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On a montré dans notre laboratoire (1) que la formation du polyacétaldéhyde est concomitante de la cristallisation du monomère (F —123°,3). Cette observation a été confirmée depuis (2), (3).

Les conditions de la cristallisation ont une très grande influence sur le rendement de la polymérisation. Nous reviendrons sur ce point dans une prochaine communication. Il nous suffit ici de dire que toutes les expériences rapportées ci-dessous ont été faites dans les conditions suivantes :

(5) K. S. Pitzer et W. Weltner, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 2842.

(*) Séance du 21 août 1950.

(1) M. Letort, X. Duval et Y. Rollin, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 50.

(2) H. A. Rigby, C. J. Danby et C. N. Hinshelwood, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 234.

(3) J. C. Bevington et R. G. W. Norrish, *Proc. Roy. Soc.*, London, A 196, 1949, p. 363.

25$^{cm^3}$ d'acétaldéhyde liquide placés dans un cryostat, sont solidifiés en 20 minutes.

La question est depuis longtemps posée ([4]) de savoir si cette polymérisation n'exige pas, d'autre part, l'intervention d'un initiateur.

Étant donné les conditions dans lesquelles le polyacétaldéhyde a été découvert ([5]), des recherches préliminaires de notre laboratoire ont eu pour objet de définir le rôle de l'oxygène, même à l'état de traces, dans cette réaction. On a conclu ([4]) que qualitativement au moins, la formation du polyacétaldéhyde paraissait indépendante de toute intervention catalytique. Cette opinion a été reprise ultérieurement par divers auteurs ([2]), ([3]).

De fait, étant donné d'une part l'extrême facilité avec laquelle l'acétaldéhyde se peroxyde à l'air ([6]), d'autre part, comme nous sommes en mesure de le déterminer maintenant, le poids moléculaire considérable (1 à 3.10^6) des polyacétaldéhydes qui se forment, ces résultats ne sont plus convaincants et l'on conçoit qu'une contamination minime et inévitable à l'air, suffise à provoquer la formation d'un peu de polymère.

Ce délicat problème de l'initiation de polymérisation n'était soluble, sans ambiguïté, qu'après que tous les facteurs de reproductibilité des expériences aient été reconnus. Cette condition étant maintenant acquise, les expériences ci-dessous rapportées montrent qu'en outre de la cristallisation, un initiateur est nécessaire à la polymérisation.

1. Si l'acétaldéhyde est préparé (au départ de paraldéhyde redistillé) dans des conditions telles que la peroxydation à l'air soit très minime, le rendement de la polymérisation est toujours très bas.

Nous opérons comme suit. Le paraldéhyde redistillé est dépolymérisé par chauffage doux en présence de quelques gouttes d'acide sulfurique pur, en atmosphère d'azote sec et très soigneusement débarrassé d'oxygène. L'acétaldéhyde ainsi préparé donne un résultat négatif au test classique à IK.

Par distillation sous vide de -15 à $-80°$, cet aldéhyde est introduit dans le vase où se fera ultérieurement la cristallisation. Celle-ci étant effectuée comme il a été dit plus haut, le rendement (exprimé en poids) de la polymérisation reste inférieur à 0,5 %.

2. Par contre, ce rendement devient important si de l'oxygène peroxydique a été introduit systématiquement dans le monomère.

Nous opérons comme suit. L'acétaldéhyde à $-118°$ et sous une pression d'oxygène sec de 65 cm Hg est soumis pendant 30 minutes et à travers une

---

([4]) M. Letort et X. Duval, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 608.

([5]) M. Letort, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 767; M. W. Travers, *Trans. Far. Soc.*, 32, 1936, p. 246.

([6]) W. H. Hatcher, E. W. R. Steacie et F. Howland, *Canad. J. Res.*, 5, 1931, p. 648.

fenêtre de quartz au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure. On observe une légère absorption (de l'ordre de quelques dixièmes de centimètre cube) d'oxygène par le liquide, celle-ci étant proportionnelle à la durée de l'irradiation. Lors de la cristallisation consécutive à cette irradiation, il se fait $17 \pm 0,5$ % en poids de polymère.

L'irradiation en absence d'oxygène ou, inversement, le contact de l'aldéhyde liquide à $-118°$ et de l'oxygène sans irradiation, ne donne au plus que 1 % de rendement.

3. Dans ces conditions opératoires, le produit de réaction de CH_3CHO et de l'oxygène peut être du peroxyde de diacétyle [7] ou de l'acide peracétique [8].

Or, l'introduction systématique dans l'acétaldéhyde de peroxyde de diacétyle préparé à l'état pur, ne conduit pas à la polymérisation. Il semble donc que l'acide peracétique soit le véritable initiateur de la réaction. Malheureusement, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne sait pas préparer l'acide peracétique rigoureusement anhydre. L'eau étant connue pour être un inhibiteur puissant de la formation du polyacétaldéhyde [3], l'épreuve directe de l'acide peracétique n'est donc pas actuellement possible. Dans l'avenir, nous comptons revenir sur ce point.

4. Comme nous l'avons dit, au cours de l'irradiation de CH_3CHO à $-118°$ sous oxygène, l'absorption de ce gaz est proportionnelle à la durée de l'irradiation. Comme l'expérience montre d'autre part que le rendement en polyacétaldéhyde est proportionnel à la racine carrée de cette durée nous concluons que ce rendement est proportionnel à la racine carrée de la concentration en acide peracétique.

Il est important de signaler à ce propos que la courbe (très régulière) du rendement en fonction de la durée de l'irradiation, extrapolée pour une durée nulle, passe très exactement par l'origine des coordonnées. C'est un argument essentiel pour affirmer que de l'acétaldéhyde qui serait rigoureusement débarrassé de peroxyde ne polymériserait pas.

Une publication détaillée explicitera l'ensemble de ces résultats.

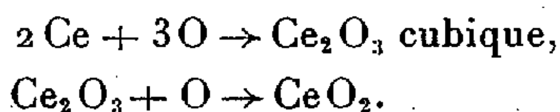
---

(7) E. J. Bowen et E. L. Tietz, *J. Chem. Soc.*, 1930, p. 234.

(8) D. R. P. n° 269.937.

CHIMIE MINÉRALE. — *Loi d'oxydation du cérium métallique. Généralisation à d'autres métaux.* Note (*) de M. **Jean Loriers**, transmise par M. Pierre Chevenard.

D'après mes travaux précédents [1], [2], le processus global d'oxydation du cérium cubique résulte de la superposition des deux réactions élémentaires :



$$2\,Ce + 3\,O \rightarrow Ce_2O_3 \text{ cubique,}$$
$$Ce_2O_3 + O \rightarrow CeO_2.$$

La règle des *volumes équivalents* [3] montre que le sesquioxyde forme sur le métal une pellicule continue. Sa croissance se fait donc par *diffusion*, suivant une loi parabolique. Au contraire, le bioxyde moins volumineux laisse Ce_2O_3 cubique *en contact direct* avec l'oxygène, et se développe suivant une loi linéaire. Partant de ces données, on peut prévoir par le calcul la marche de l'oxydation sèche en fonction du temps.

Désignons par x et y les masses d'oxygène fixé sous forme de Ce_2O_3 et de CeO_2 par unité de surface du métal, supposé initialement inattaqué. Soit *da* le gain en sesquioxyde par oxydation du métal, *db* la perte par transformation en CeO_2 pendant le temps *dt*.

L'accroissement de la pellicule de sesquioxyde s'écrit :

$$(1) \qquad dx = da - db = \frac{k_1}{x}\,dt - k_2\,dt,$$

d'où par intégration :

$$(2) \qquad x + \frac{k_1}{k_2}\,\mathrm{L}\left(1 - \frac{k_2}{k_1}x\right) = -k_2 t.$$

On voit que quand t varie de zéro à $+\infty$, x croît et tend vers une limite égale à k_1/k_2 (courbe 1, figure 1).

Par ailleurs, l'augmentation de la couche de bioxyde est figurée par la droite 2, d'équation

$$(3) \qquad y = \frac{4}{3}k_2 t,$$

le coefficient 4/3 rendant compte des proportions relatives d'oxygène dans CeO_2 et Ce_2O_3.

En additionnant x et y, représentés par les courbes 1 et 2 (*fig.* 1), on obtient la courbe 3 exprimant l'oxydation isotherme en fonction du temps. Cette

(*) Séance du 24 juillet 1950.

[1] J. Loriers, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 547.

[2] R. Courtel et J. Loriers, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 735.

[3] F. Trombe et M. Foex, *Ann. Chim.*, 2e série, 18, 1943, p. 97.

courbe admet une asymptote, de même pente que la droite 2, et dont l'ordonnée à l'origine donne l'épaisseur limite de la couche d'oxyde inférieur.

La discussion de ces résultats conduit aux conclusions suivantes :

a. Quand k_1 est très supérieur à k_2, un développement en série du logarithme de (2) permet de donner de x une valeur approchée $x = \sqrt{2k_1 t}$ et l'on peut exprimer la loi globale par l'équation

$$P = \frac{4}{3} k_2 t + \sqrt{2 k_1 t} \tag{4}$$

dont la courbe représentative a une allure parabolique.

b. Si k'_1 et k_2 sont du même ordre de grandeur, c'est la loi complexe correspondant à la courbe 3 qui s'applique.

c. A mesure que le rapport k_1/k_2 décroît, l'épaisseur limite et le temps de croissance de la couche de Ce_2O_3 diminuent. On se rapproche d'une loi linéaire :

$$P = k'_2 t. \tag{5}$$

Les courbes obtenues dans nos expériences antérieures [1] à des températures supérieures à 200°C sont toujours des droites.

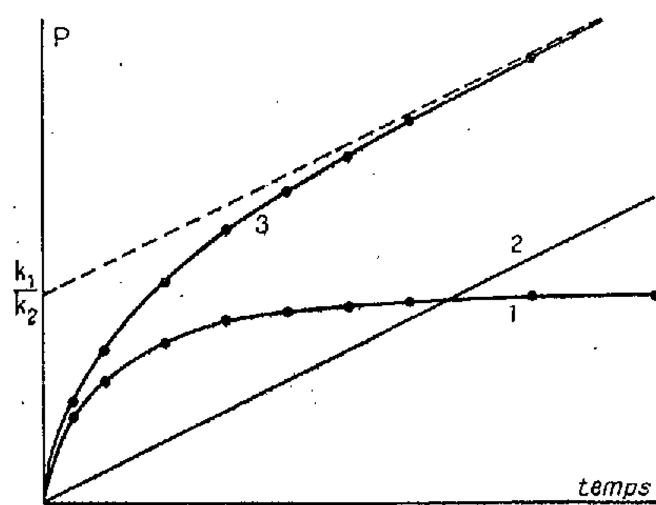


Fig. 1.

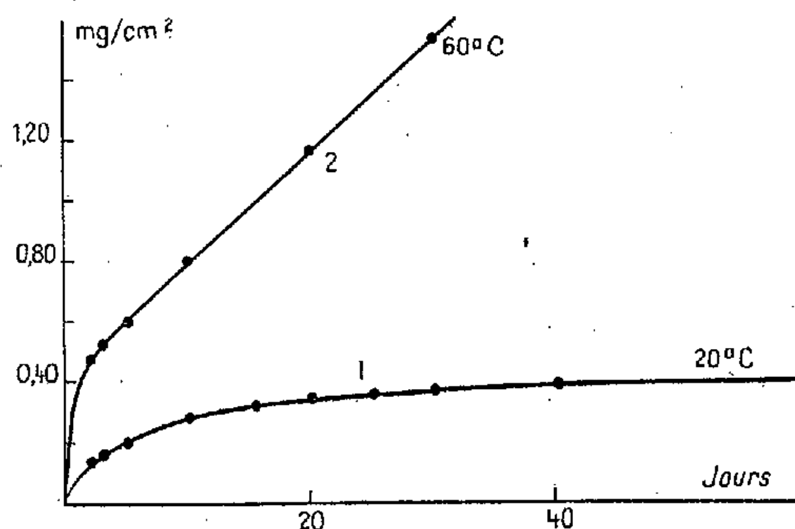


Fig. 2.

Des essais à basse température, sur un cérium γ (cubique faces centrées), ont permis de retrouver tous les aspects d'oxydation prévus par le calcul. A 20° C, l'influence protectrice du sesquioxyde est prépondérante (courbe 1, *fig.* 2). Entre 40° C et 130° C environ, les courbes sont du type 2 (*fig.* 2), et la pente de la partie finale rectiligne croît avec la température. Enfin, au-dessus de 130° C, la partie initiale incurvée devient négligeable et la présence du sesquioxyde protecteur n'apparaît plus. Pourtant d'après l'équation (2) il doit toujours subsister, et effectivement, j'ai montré [1] que l'hypothèse d'une formation directe de bioxyde sur le métal est incompatible avec des courbes d'oxydation linéaires. Même aux températures voisines de l'inflammation du

métal (290 à 320° C), il reste encore un film très mince de Ce_2O_3 cubique, raccordé à CeO_2 par une zone de solutions solides. Cet ensemble permettrait une diffusion très rapide de l'oxygène et constituerait une sorte de *front d'oxydation* progressant d'autant plus vite que la température serait plus élevée.

La loi qui vient d'être établie n'a été vérifiée que pour l'oxydation du cérium, mais il semble qu'elle puisse s'appliquer chaque fois que l'action d'un gaz sur un métal donne naissance à un film protecteur se transformant en couche poreuse avec une vitesse constante. L'oxydation de l'uranium pourrait, d'après nos essais, s'interpréter de cette façon. Signalons que Chevenard et Waché ont proposé une loi très voisine pour rendre compte de la corrosion du fer par la vapeur d'eau.

ÉCONOMIE RURALE. — *Séparation chromatographique des fractions phosphorées radioactives du lait.* Note (*) de M. **Joseph Sternberg** et M[lle] **Germaine Demaux**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Les composés phosphorés du lait sont étroitement liés dans un système colloïdal constitué par la micelle de caséine. Cette micelle, qui contient 20-25 % du P total du lait sous forme de phospho-sérine, fixe 40-50 % du P minéral sur les groupements aminés de la lysine ([1]). Le reste du P minéral se trouve dans le liquide intermicellaire sous forme d'ions libres (*fig.* 1). Une

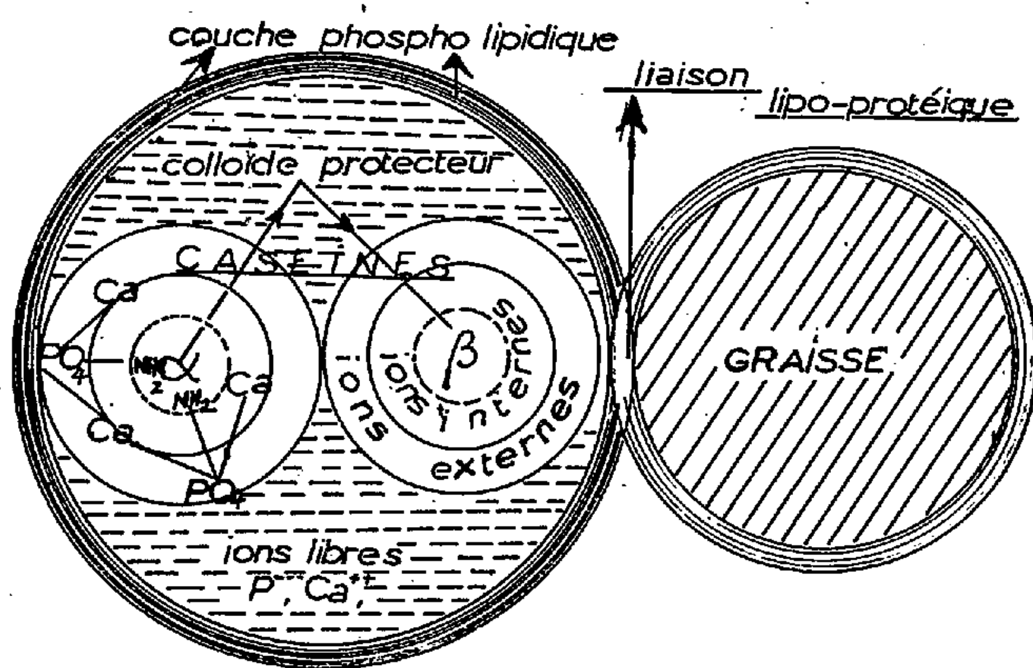


Fig. 1.


Fig. 2.

pellicule tensio-active phospholipidique, contenant 0,1-0,2 % du P total, entoure la micelle caséinique, permettant ainsi la liaison lipido-protéique.

(*) Séance du 31 juillet 1950.

([1]) P. Van der Burgh, *Netherlands Milk Dairy J.*, 1-2, 1947, p. 69.

Cette complexité explique la difficulté rencontrée au cours de la séparation des différentes fractions phosphorées du lait. Dans les recherches faites à l'aide du radiophosphore, la séparation est encore plus délicate, à cause des réactions d'échange qui peuvent se produire entre les atomes de P faisant partie des différents constituants chimiques et du fait que les quantités de P^{32} mises en jeu sont extrêmement faibles et peuvent échapper à la sensibilité des méthodes chimiques classiques. Les techniques proposées, celle de Hevesy ([2]) pour la séparation des phospholipides radioactifs ou celle de McCarter et Steljes ([3]) ne donnent pas de résultats satisfaisants dans le cas du lait.

L'emploi de la chromatographie sur alumine hydratée a permis à l'un de nous une séparation quantitative des constituants du lait ([4]). La colonne d'alumine fonctionne comme échangeur d'ions grâce à l'hydratation de l'alumine et à la formation d'une pellicule tensio-active constituée par les graisses du lait, qui se déposent sur le grain d'alumine et augmentent ses propriétés d'échangeur ([5]). Le lait filtre à travers la colonne et donne une solution claire, exempte de graisses et de protéines et contenant la totalité du lactose et du N non protéique. Les autres constituants se fixent dans la zone supérieure de la colonne et sont successivement élués par l'éther de pétrole pour les graisses, la soude N/25-N/50 pour les protéines et SO_4H_2 2N pour les phosphates minéraux. L'appareil est adapté à l'emploi de grands volumes d'éluants, soit en chute libre, soit par aspiration à la trompe (*fig.* 2).

Nous avons appliqué cette méthode à la séparation des composés phosphorés radioactifs. A cet effet, du P^{32} sous forme minérale a été ajouté à un volume de lait dilué à 10 %, qui a été adsorbé sur une colonne d'alumine au pH : 7-7,50, saturée d'eau au préalable. L'élution a été faite successivement avec : eau 4-5 volumes, éther de pétrole 10-20 volumes, NaOH N/25-N/50, 20-30 volumes ; eau, 4-5 volumes et SO_4H_2 2N, 20-30 volumes.

Les résultats obtenus peuvent se résumer de la manière suivante : 1° Le filtrat du lait et les eaux de lavages sont complètement dépourvus de radioactivité, pour des quantités de P^{32} ajoutées au lait, variant entre 2.10^6 et 10^7 coups/minute. 2° Les graisses du lait se sont montrées complètement inactives. 3° Par contre, on retrouve une certaine quantité de P^{32} dans l'éluat protéique, ne dépassant pas 2 % du radiophosphore retrouvé et diminuant jusqu'à 0,5 %, lorsque l'élution alcaline est menée rapidement. 4° Dans les eaux de lavages qui suivent l'élution des protéines, l'activité décroît de

---

([2]) G. Hevesy, in *Radioactive Indicators,* New-York, 1948, p. 281.

([3]) J. A. Mc Carter et E. L. Steljes, *Canad. J. Res.*, E., **26**, 1948, p. 333.

([4]) J. Sternberg, J. Colas et T. Kahn, *Oesterreichesche Chemiker-Zeitung*, **6**, 1950, p. 114.

([5]) D. E. Weiss, *Nature*, **162**, 1948, p. 372.

nouveau jusqu'à disparition. Elle remonte rapidement, dès que l'élution acide commence; le pH optimum de l'élution est aux environs de 0,70. La courbe

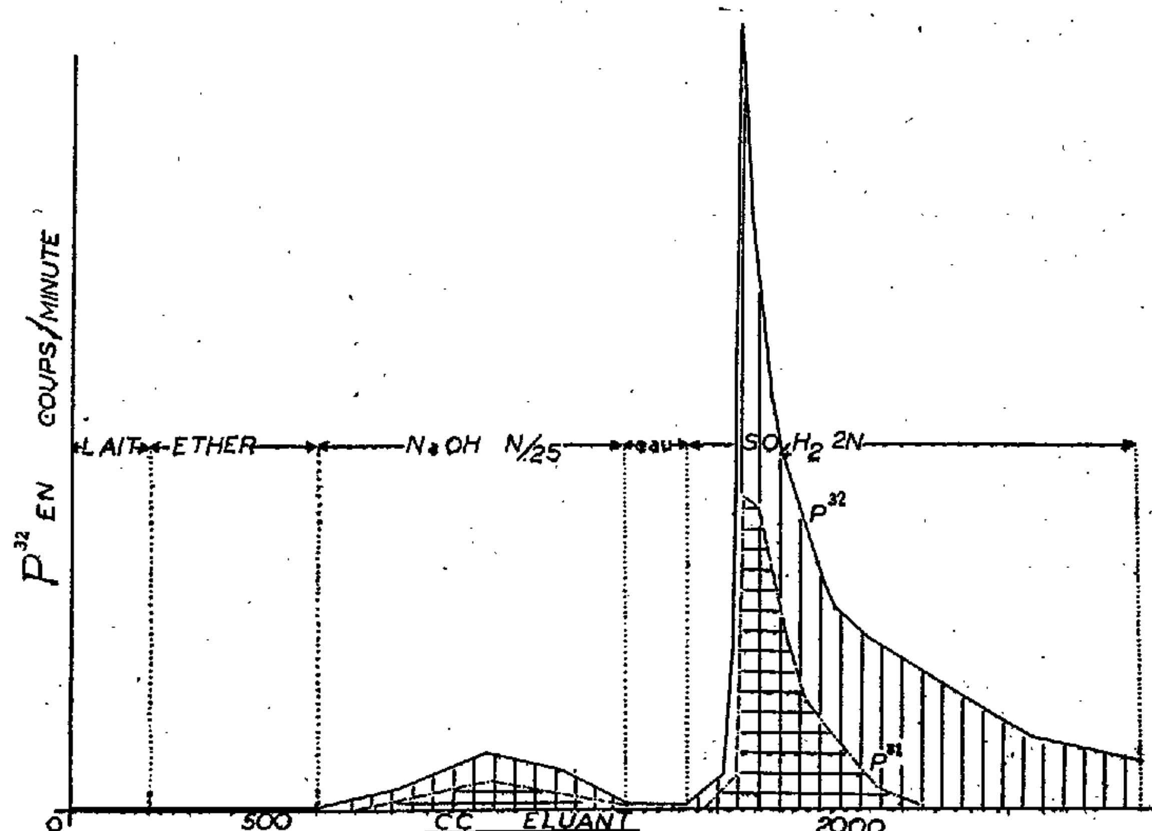


Fig. 3.

d'élution du P^{32} minéral est parallèle à celle du P^{31}, mais les éluats sont encore actifs, alors que le P^{31} n'est plus décelable depuis longtemps (*fig.* 3).

Conclusions. — 1° La colonne d'alumine hydratée employée comme échangeur d'ions au pH 7,00-7,50 sépare quantitativement les différentes fractions phosphorées radioactives du lait. 2° Une réaction d'échange a lieu entre le P^{32} minéral et le phosphore protéique, moins importante si l'élution est rapide, mais qui jusqu'à présent n'a pu être évitée.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Au sujet de l'aberration géométrique de l'œil.* Note (*) de M. **Alexandre Ivanoff**, transmise par M. Jean Becquerel.

L'Auteur établit expérimentalement que l'aberration géométrique de l'œil peut être assimilée en première approximation à de l'aberration sphérique, ce que l'on admet généralement, mais ce qui est loin d'être évident, l'œil n'étant pas un système rigoureusement centré.

Nous avons cherché expérimentalement si l'aberration géométrique de l'œil non astigmate peut être assimilée à celle d'un système centré, et, dans l'affirmative, si elle se rapproche davantage de la coma ou de l'aberration sphérique.

Considérons un œil fixant un point lumineux A, et supposons que la lumière issue de A et pénétrant dans l'œil soit limitée à deux pinceaux, dont l'un, que

(*) Séance du 7 août 1950.

nous appellerons pinceau *pupillaire*, passe par le centre de la pupille d'entrée de l'œil. Soit P le plan défini par les deux pinceaux incidents, et soient a' et a'' les images rétiniennes du point A, correspondant respectivement au pinceau pupillaire et au pinceau non pupillaire. Si ces deux images ne sont pas confondues, c'est-à-dire s'il y a aberration géométrique, le point A paraît dédoublé à l'observateur.

Si l'aberration géométrique de l'œil se réduit à de l'aberration sphérique (*fig.* 1), il y a symétrie de révolution, et les images rétiniennes a' et a'' se trouvent toutes les deux dans le plan P quelle que soit l'orientation de ce dernier. Dans ce cas le dédoublement apparent du point A s'effectuera toujours parallèlement au plan P.

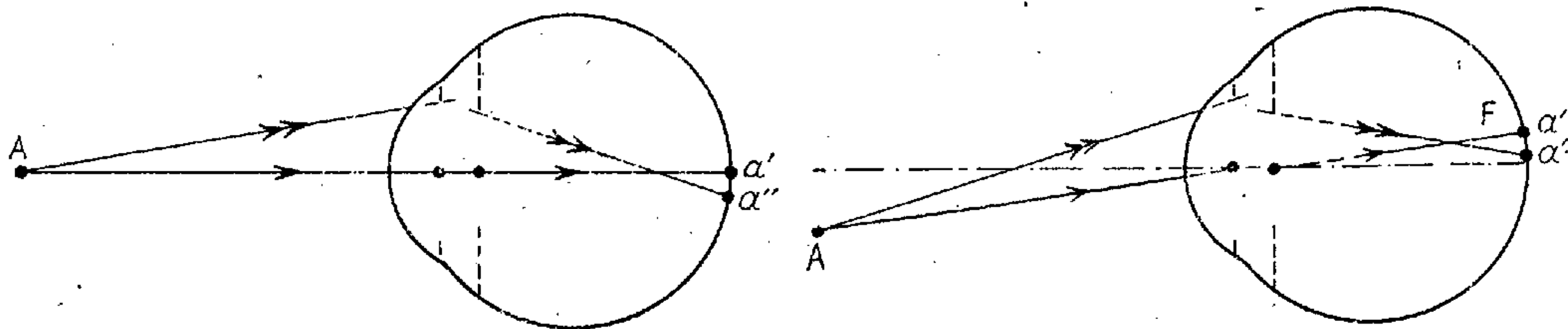


Fig. 1. Fig. 2.

Si l'aberration géométrique de l'œil se réduit à de la coma (*fig.* 2), il y a symétrie par rapport au plan π défini par l'axe de l'œil et par le pinceau pupillaire (ce plan de symétrie π contient l'image rétinienne a' elle-même confondue avec la fovéa F; il est approximativement horizontal, la fovéa se trouvant en gros dans un plan méridien horizontal). Dans ce cas l'image rétinienne a'' se trouvera dans le plan P si celui-ci est confondu avec le plan de symétrie π (autrement dit s'il est approximativement horizontal). Pour toute autre orientation du plan P l'image a'' ne se trouvera généralement pas dans ce plan, et le dédoublement apparent du point A comportera une composante perpendiculaire au plan P, que nous appellerons, pour simplifier le langage, *composante perpendiculaire de l'aberration*.

Si enfin l'aberration géométrique de l'œil n'est pas assimilable à celle d'un système centré, il n'y a aucune symétrie, et le dédoublement apparent du point A comportera généralement une composante perpendiculaire au plan P quelle que soit l'orientation de ce dernier.

Pour trancher expérimentalement entre ces trois cas possibles, il suffit par conséquent de mesurer, pour diverses orientations du plan P, la composante perpendiculaire de l'aberration. Nous avons effectué cette étude à l'aide du dispositif utilisant la lumière dirigée décrit dans une Note antérieure ([1]), complété par un prisme de Wollaston permettant de changer à volonté

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 170.

l'orientation du plan P (²). Pour obtenir la composante perpendiculaire de l'aberration, il suffit de décaler les deux sources S_1 et S_2 parallèlement aux fils f_1 et f_2, c'est-à-dire verticalement.

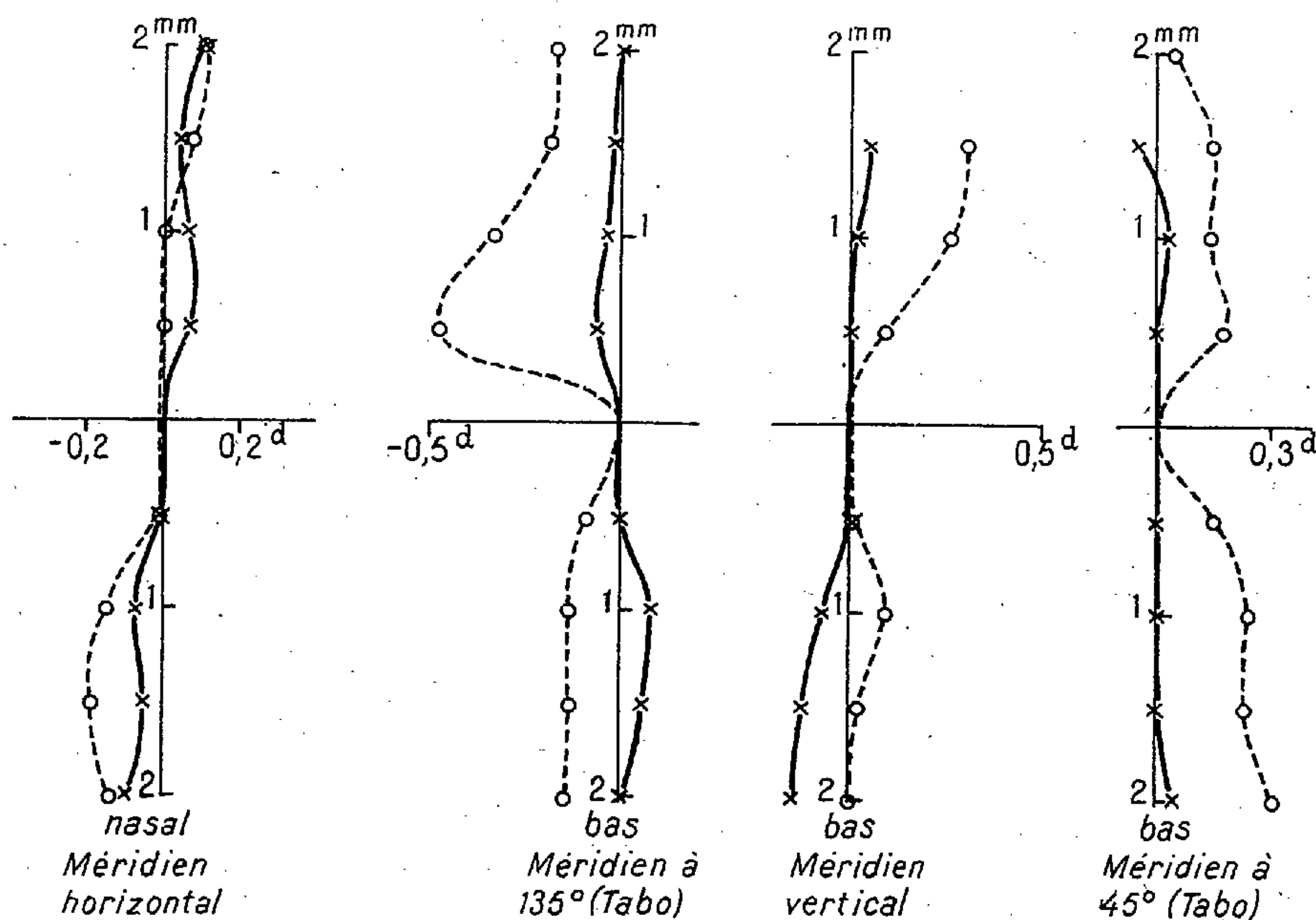


Fig. 3.

Les courbes en trait plein de la figure 3 traduisent les résultats obtenus en lumière jaune de sodium sur l'œil droit de l'auteur, suivant quatre méridiens orientés à 45° l'un de l'autre. On voit qu'à 0,1 dioptrie près (³), la composante perpendiculaire de l'aberration reste nulle quel que soit le méridien étudié, et que par conséquent l'aberration géométrique de l'œil peut être assimilée avec une bonne approximation à de l'aberration sphérique, quoique l'œil ne possède pas la symétrie de révolution.

Signalons qu'un faible astigmatisme entraîne par contre une composante perpendiculaire de l'aberration assez importante. Ainsi les courbes en trait discontinu de la figure 3 traduisent les résultats obtenus sans corriger l'astigmatisme de l'œil étudié (de l'ordre de 0,37 dioptrie).

(²) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1896.

(³) La notation de la composante perpendiculaire de l'aberration en dioptries se fait comme pour l'aberration sphérique. Nous l'avons comptée positivement lorsque le rayon lumineux tourne dans le sens des aiguilles d'une montre dans la direction de propagation de la lumière.

RADIOBIOLOGIE. — *Traitement curatif des radiolésions consécutives à l'administration d'une dose léthale de rayons* X. Note de MM. **Jean Loiseleur** et **Georges Velley**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'injection intrapéritonéale d'un mélange d'acide ascorbique et de cystéine, pratiquée immédiatement après l'administration d'une dose léthale de rayons X, entraîne la survie de 60 % des lapins traités.

L'analyse des phénomènes qui se succèdent dans la cellule après l'administration d'une dose léthale de rayons X fournit la base d'un mode de traitement curatif de ces radiolésions.

Rappelons que l'irradiation d'objets d'étude très différents a mis en évidence les faits suivants : 1° les nombreuses réactions *in vitro* pour lesquelles l'action des rayons X est liée à la présence de l'oxygène dissous à l'état libre; 2° l'action inhibitrice des anti-oxygènes contre la formation d'eau oxygénée au cours de l'irradiation de l'eau; 3° l'intervention de l'oxygène dans les radiolésions de la strychnine, la toxicité de l'alcaloïde restant inaltérée quand l'irradiation est effectuée en présence d'accepteurs d'oxygène; 4° l'immunité conférée au Rat par l'hyperglycémie; 5° réciproquement, l'augmentation de la radiosensibilité du Rat consécutive à l'hypoglycémie [1]. Il apparaît finalement que, dans une cellule exposée aux rayons X, l'oxygène dissous devient activé et fait subir une oxydation désordonnée aux constituants cellulaires placés à son contact. Cette radio-sensibilité cellulaire, c'est-à-dire l'intensité des radio-oxydations, diminue quand l'oxygène activé est capté par le glucose et ses métabolites (cas de l'immunité hyperglycémique); elle augmente dans le cas contraire de l'hypoglycémie.

I. Deux points importants apparaissent dans l'étude des radiolésions de la strychnine : 1° du fait que la présence d'un accepteur d'oxygène inhibe l'apparition de la radiolésion de la molécule, il résulte que cette radiolésion réside nécessairement dans une oxydation assimilable à la transformation de la strychnine en génostrychnine, par fixation d'oxygène sur l'azote devenu pentavalent. Or l'expérience montre qu'il est possible de réparer la radiolésion, c'est-à-dire de rendre à la strychnine irradiée sa toxicité initiale, en la sometant à l'action d'un réducteur (soit par barbotage de H_2 pendant quelques minutes en présence de Pt colloïdal, soit plus favorablement par barbotage de SO_2); 2° la condition essentielle de cette réparation est d'opérer

---

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 784, 1901 et 2132; **231**, 1950, p. 182.

la réduction dans le plus bref délai possible après la fin de l'irradiation. Sur 45 expériences, la réparation a été possible dans 9 cas. Une interprétation immédiate de ces faits consiste à admettre : *a*. que, dans une première phase et pendant la durée même de l'irradiation, l'oxygène se fixe sur l'azote, lésion encore réparable à ce moment; *b*. que, secondairement, l'oxygène poursuit une attaque plus profonde de la strychnine (²), et ceci d'autant plus facilement que cette molécule a subi elle-même une activation. Voici donc un premier exemple de la possibilité, limitée ici à 20 %, de réparer une radiolésion par l'action ultérieure d'un réducteur.

II. L'hypothèse de travail consiste maintenant à étendre à la cellule et à ses nucléoprotéides les résultats expérimentaux obtenus avec la strychnine. Supposons que les choses se passent d'une façon analogue, c'est-à-dire :

1° que, dans une première période, l'oxygène activé se fixe soit sur un azote, comme dans le cas précédent, soit sur un carboxyle en le transformant en peracide;

2° que la réduction reste possible sous la double condition d'opérer très précocement après l'irradiation et d'employer des réducteurs susceptibles de pénétrer dans la cellule.

Quelle que soit la valeur de cette hypothèse, elle conduit aux résultats suivants, obtenus avec 18 lapins (poids compris entre $1^{kg},650$ et $2^{kg},980$) répartis sur un ensemble de cinq expériences. Tous ces animaux reçoivent une dose uniforme de 950 r, administrée sur la totalité de l'organisme (appareil à tension constante, $E = 180$ KV, $i = 20$ mA, distance $= 70^{cm}$, filtration $= 0^{mm},5$ Cu $+ 2^{mm}$ Al).

Huit animaux constituent les témoins : chez tous, la mort survient vers le 12e jour en moyenne, après une période de cachexie progressive (les dates extrêmes de la mort étant comprises entre le 5e et le 28e jour).

Les 10 autres lapins subissent, *immédiatement après l'irradiation*, l'injection (voie intrapéritonéale) de 20^{cm^3} d'une solution réductrice constituée par : acide ascorbique 2^g, cystéine (HCl) 2^g, eau Q. S. 40^{cm^3} (solution amenée à $pH = 7,4$). 30 minutes après, on injecte à nouveau 10^{cm^3} et l'on répète encore cette dernière injection 2 heures après l'irradiation. Sur les 10 animaux ainsi traités, 4 meurent comme les témoins; les 6 autres présentent, après l'irradiation, un bon état général apparent, accompagné d'une augmentation

(²) Un autre exemple de la continuation des effets des rayons X après la cessation de l'irradiation a déjà été signalé pour la tyrosine : la densité optique des solutions irradiées continue à augmenter considérablement pendant les 13 jours consécutifs à l'irradiation (*Bul. Soc. Chim., Biol.*, 25, 1943, p. 1).

de poids de 21,6 % en moyenne. La survie est actuellement de 2 à 4 mois, selon le temps écoulé depuis l'expérience.

Le bilan s'établit ainsi à 60 % de survie chez les animaux traités (³) contre une mortalité totale chez les témoins (⁴).

La séance est levée à 15h25m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'AOÛT 1950.

Le Savant et Inventeur Joseph Bethenod (1883-1944), par AMÉDÉE FAYOL. Préface de M. GEORGES DARRIEUS. Paris, Éditions Culture et Documentation, 1950; 1 vol. 21cm.

Encyclopédie biologique. XXXV. *Faune de l'Équateur africain français*, par RENÉ MALBRANT et ALAIN MACLATCHY. T. I. *Oiseaux*. Préface de JACQUES BERLIOZ. T. II. *Mammifères*. Préface de M. ACHILLE URBAIN. Paris, Paul Lechevalier, 1949; 2 vol. 25cm (présenté par M. Roger Heim).

La prospection gravimétrique de l'Afrique du Nord, par JEAN LAGRULA. Extrait de la Revue *Terres et Eaux*, nº 5, 1948 et nº 7, 1949. Alger, La Diffusion du Livre; 1 fasc. 31cm,5.

La dérive des continents et les mouvements intratelluriques, par PIERRE DIVE. Préface de ÉMILE PICARD. Deuxième édition revue et augmentée, avec un appendice de M. GEORGES DENIZOT. Paris, Dunod, 1950; 1 vol. 24cm.

A description of the international Council of scientific Unions, published by the International Council of scientific Unions. Cambridge (England), 1950; 1 vol. 25cm.

Élaboration d'un programme de recherches. Le problème des engins spéciaux, par GABRIEL VIGUIER *in Travail et Méthodes*, juin 1950. Paris, Éditions Science et Industrie; 1 fasc. 31cm,5.

Université de Paris. Les Conférences du Palais de la Découverte : *Chromosome et acide nucléique*, par C. D. DARLINGTON (20 mai 1947); *La détermination par l'expérience des dimensions des molécules*, par J. MONTEATH ROBERTSON (1er juin 1949); *Réhabilitation de la notion statistique de l'homme moyen*, par MAURICE FRÉCHET (15 octobre 1949); *Pourquoi fleurissent les plantes*, par PIERRE CHOUARD (29 octobre 1949); *Les progrès récents en radioactivité et en physique nucléaire*, par Mme IRÈNE JOLIOT-CURIE (5 novembre 1949); *L'analyse géométrique*, par GEORGES BOULIGAND (10 décembre 1949); 6 fasc. 18cm.

Id. *Les Carmones à cinq sols*, par R. DUCLOU (3 juin 1950). Exposition L'Œuvre scientifique de Blaise Pascal... et trois siècles après; 1 fasc. 18cm.

(³) Il est à signaler que H. H. Pale, E. B. Tyree, R. L. Straube et D. E. Smith (*Science*, **110**, 1949, p. 213) n'ont obtenu aucun résultat curatif avec la cystéine employée seule.

(⁴) Il est à penser que l'administration de cortisone pendant une période de quelques jours après l'irradiation permettrait d'améliorer la statistique précédente.

Leonhardi Euleri. Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum ex primis nostrae cognitionis principiis stabilita et ad omnes motus qui in huiusmodi corpora cadere possunt accomodata, edidit Charles Blanc. Volumen posterius. Auctoritate et impensis Societatis scientiarum naturalium helveticae. Bernae MCML; 1 vol. 28^cm^,5.

Travaux du Laboratoire d'entomologie du secteur soudanais de recherches agronomiques. Section expérimentale de M'Bambey (Sénégal) et Section technique d'agriculture tropicale du Ministère de la France d'Outre-Mer. I. *La faune entomologique des cultures au Sénégal et au Soudan français*. II. *Contribution à l'étude des proctotrupidae*, par Jean Risbec. Gouvernement général de l'Afrique occidentale française, 1950; 1 vol. 27^cm^.

La station biologique de Roscoff en 1950, par Pierre Drach. Roscoff, 1950; 1 fasc. 26^cm^ (présenté par M. Maurice Caullery).

Inventaire de la faune marine de Roscoff. I. *Cnidaires* et *Cténaires*. II. *Spongiaires*. Suppléments aux travaux de la Station biologique de Roscoff, 1950; 2 fasc. 26^cm^ (présentés par M. Maurice Caullery).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 SEPTEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

AÉROTHERMODYDAMIQUE. — *Effet des irréversibilités dans une tuyère-foyer cylindrique*. Note de M. **MAURICE ROY**.

1. Une Note antérieure ([1]) a exposé une théorie simplifiée [flux permanent et paroi athermane, gaz idéaux à une seule variable chimique α et à chaleurs spécifiques indépendantes de α] et unidimensionnelle des tuyères-foyers, en négligeant la viscosité mécanique η et la conductibilité χ du mélange gazéiforme.

La présente Note prolonge cet aperçu schématique, en renonçant à l'hypothèse des tranches qui escamote en partie les conditions aux limites de la veine, et en montrant l'effet des viscosités mécanique η et chimique ψ. De plus et en outre du rayonnement λ, χ peut intervenir, étant supposé assez petit comme η (gaz réels).

Les notations non explicitées sont celles de la Note précédente.

2. Considérons, entre deux sections droites (indices o et 1, la combustion débutant dans la section-origine ω_0), *un tronçon de flux cylindrique* (section $\omega = \text{const.}$, axe x).

En outre des conditions rappelées ci-dessus entre crochets, admettons ici, *d'abord*, trois simplifications apparemment peu restrictives et limitées aux sections o et 1 : *a*. la composante transversale w de la vitesse est petite par rapport à la valeur moyenne de sa composante axiale u; *b*. $\partial u/\partial x$ est assez petit pour que les termes de viscosité correspondants soient négligeables; *c*. le flux thermique longitudinal est également négligeable.

Ceci implique, notamment, que la partie vive de la combustion et l'agitation du flux, sauf dans la couche-limite près de la paroi tubulaire, soient assez amorties en 1.

([1]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 835-838.

En o et 1, la pression (réversible) p est alors pratiquement uniforme, et confondue avec la tension normale du fluide sur la section.

Faute de connaître la loi de la vitesse de réaction $d\alpha/dt$ (ou de la *résistance passive* chimique), on ne peut essayer de résoudre les équations de l'écoulement vrai. On considérera donc ci-après une moyenne de ce flux, en notant $\tilde{g}$ ou $\tilde{\tilde{g}}$ la valeur moyenne d'une grandeur g dans la section droite, d'aire ω, selon que la moyenne est pondérée par rapport à l'élément d'aire $\delta\omega$ ou à l'élément δm du débit-masse $m = \mu\omega$.

Pour le tronçon du flux compris entre les sections o et 1, les équations de l'écoulement s'écrivent :

$$
(1)\quad \begin{cases}
p_1 - p_0 = -\mu(f_{01} + \tilde{v}_1 - \tilde{v}_0) & \text{(quantité de mouvement);} \\
H\tilde{\alpha}_1 = \widetilde{\int_0^1 c_p\, dT} + \frac{1}{2}\tilde{v}_1^2 - \frac{1}{2}\tilde{v}_0^2 & \text{(conservation de l'énergie);} \\
\mu = \tilde{\tilde{\left(\frac{v_0}{\sigma_0}\right)}} = \tilde{\tilde{\left(\frac{v_1}{\sigma_1}\right)}} & \text{(continuité)} \\
p\sigma = \frac{\gamma - 1}{\gamma} c_p\, dT & \text{(compressibilité);} \\
\chi_{01} = \frac{1}{2}\tilde{v}_1^2 - \frac{1}{2}\tilde{v}_1^2 - \widetilde{\int_0^1 \sigma\, dp} & \text{(relation supplémentaire).}
\end{cases}
$$

Le produit $f_{01}\,\mu\omega$ exprime la résistance du frottement de paroi sur le tronçon de flux entre les sections o et 1; χ_{01} exprime le travail non compensé des viscosités η et ψ entre ces sections et pendant l'unité de temps, divisé par le débit-masse $m = \mu\omega$. Les moyennes des intégrales sont pondérées par rapport à l'élément δm, considéré dans la section ω_0 et suivi de o à 1.

En couche-limite à sens constant (de o vers 1), f_{01} est positif. Par le second principe, χ_{01} est aussi positif.

On devine que f_{01} croît avec l'écartement des sections o et 1, et avec $\tilde{u}_0$ et $\tilde{u}_1$; puis que χ_{01} croît aussi avec les mêmes facteurs (dissipation dans la couche-limite) et, en général, avec $\tilde{\alpha}_1$.

3. Pour interpréter les équations (1), admettons maintenant que, dans les sections o et 1, la part relative de ω et de m affectée à la couche-limite soit négligeable, ce qui précise et rend plausible ici une *pseudo-hypothèse des tranches*. On a alors, sans moyenne à prendre pour les grandeurs qui sont quasi uniformes en dehors de la couche-limite assez mince et parce que c_p ne dépend que de T,

$$
(\text{II})\quad \begin{cases}
p_1 - p_0 = -\mu(f_{01} + v_1 - v_0); \quad H\alpha_1 = \int_0^1 c_p\, dT + \frac{1}{2}v_1^2 - \frac{1}{2}v_0^2; \quad \mu = \frac{v_0}{\sigma_0} = \frac{v_1}{\sigma_1}; \\
p\sigma = \frac{\gamma - 1}{\gamma} c_p T; \quad \chi_{01} = \frac{1}{2}v_0^2 - \frac{1}{2}v_1^2 - \widetilde{\int_0^1 \sigma\, dp}.
\end{cases}
$$

Mais l'intégrale $\mathfrak{I} = \int_0^1 \sigma dp$ reste une moyenne des évolutions entre o et 1 de tous les éléments δm de débit (repérés en o, ou en 1), où la part de la couche-limite reste négligeable. Son expression ne peut être explicitée a priori en fonction des seules grandeurs indicées o et 1. *Elle dépend, en effet, de la mise en jeu complexe de* η, ψ, λ *et* $\varkappa$ *entre les sections* o *et* 1.

Si η, λ et $\varkappa$ sont totalement négligés comme dans notre Note antérieure, et si notre *pseudo-hypothèse des tranches* est admise dans les sections o et 1, chaque élément de flux subit la même évolution de o à 1. On retrouve bien alors les résultats du n° IV de notre Note antérieure. Mais, par la première des équations (II) (où $f_{01} \equiv 0$), $-\sigma\, dp = v dv$ et, *en toute rigueur*, χ_{01} doit aussi être identique à zéro, c'est-à-dire la viscosité chimique ψ également négligeable. Les résultats en question sont donc *idéalisés* et, vraisemblablement, *bornent le réel*.

4. Dans la réalité, ni η ni ψ ne doivent être négligés et (II) établit une relation nécessaire entre f_{01} et χ_{01}, tandis que λ et $\varkappa$ interviennent dans l'intégrale $\mathfrak{I}$, où chaque élément de la moyenne peut subir une évolution o — 1 différente. De plus, aux températures assez élevées à envisager, le rayonnement gaz-paroi joue notablement, et l'adiabaticité globale est exclue, de sorte que, dans (I) ou (II), χ_{01} est à remplacer par $\chi_{01} + q_{01}$, q_{01} symbolisant un échange thermique positif du tronçon o — 1 avec l'extérieur (flux et paroi).

Conservons, alors et *en première approximation*, entre o et 1, la pseudo-hypothèse des tranches du n° 3 avec c_p et γ constants.

Posons $p_1/p_0 = \varpi$, $v_1/v_0 = \varphi$, $T_1/T_0 = \tau$, $a_0^2 = \gamma p_0 \sigma_0$; $m_0 = v_0/a_0$; $2\,H/a_0^2 = h$. Il vient alors :

$$\text{(III)} \quad \begin{cases} \varpi = 1 - \gamma m_0^2(\varphi - 1) - \gamma m_0 \dfrac{f_{01}}{a_0}; \qquad \tau = \varpi\varphi; \\ (\gamma - 1)\, h\alpha_1 = \{2 + [(\gamma - 1) - (\gamma + 1)\,\varphi]\, m_0^2\}(\varphi - 1) - 2\gamma M_{01}; \end{cases}$$

avec

$$a_0^2 M_{01} = \chi_{01} + q_{01} + \int_0^1 v_{1'}\, df_{01'},$$

la section 1′ étant variable de o à 1, et M_{01} croissant avec φ.

En régime *initialement subsonique* ($v_0 < a_0$), α_1 ne peut croître que si φ et $1/\varpi$ croissent. Puis, α_1 passe par un maximum et pour une valeur de φ, plus faibles que dans les conditions idéales du n° 4 de notre Note antérieure (conformément au n° 3 ci-dessus, *in fine*). Ce maximum de α_1 n'est, d'ailleurs, accessible que s'il est au-dessous du point d'équilibre de la combustion dans les conditions locales (p_1, T_1, σ_1).

Aux valeurs de m_0 actuellement utilisées dans les foyers quasi cylindriques de réacteurs, valeurs que l'on a tendance à accroître, l'analyse précédente laisse penser que des valeurs de α_1 assez voisines de l'unité ne puissent être atteintes.

PHYTOPATHOLOGIE. — *La trachéomycose des* Coffea excelsa *et* robusta *des plantations de l'Oubangui-Chari.* Note de MM. **Roger Heim** et **Athanase Saccas**.

Découvert aux environs de Ndellé (Oubangui) par A. Chevalier en 1902, le *Coffea excelsa*, qui prospère en peuplements denses dans les savanes arborées et les galeries forestières de toute la zone soudanaise de ce territoire, s'est révélé caféier de choix en raison de sa grande productivité et de la valeur appréciée de ses cerises. En quelques années il était cultivé dans l'Oubangui-Chari sur 20000 hectares. Mais, dès 1927, une grave épiphytie apparaissait çà et là sous forme d'apoplexie prenant, de 1937 à 1939, une extension foudroyante et détruisant en peu de temps la presque totalité des cultures dont aujourd'hui ne subsistent intacts que des arbres isolés et de rares plantations. A la suite de ce désastre, le *C. robusta*, considéré jusqu'ici comme réfractaire à la maladie, a remplacé l'*excelsa*.

Jusqu'en 1940, divers parasites des racines furent considérés à tort comme responsables de ce prétendu pourridié et les moyens de lutte utilisés n'arrêtèrent point, bien entendu, son extension.

R. Figuières [1], le premier, isola un *Fusarium* des tissus malades provenant d'une plantation de Bangui, et suggéra d'autre part la présence d'un *Diplodia* ou d'un *Macrophoma*. R. L. Steyaert [2], à partir d'échantillons expédiés de l'Oubangui et aussi du Nord-Est du Congo belge où la même maladie fut funeste aux cultures de *C. excelsa*, isola à son tour un *Fusarium* qu'il appela *F. xylarioides*, terme adopté dès 1946 par J. Guillemat qui obtint alors en culture le même *Fusarium* [3]. Tout récemment enfin, J. Fraselle [4] signale une affection fusarienne au Congo belge, cette fois sur *robusta*, qu'il attribue, sans doute à tort, au *Fus. oxysporum* et qui nous paraît relever aussi du *xylarioides*.

A la suite de nos investigations et de la tournée de prospection accomplie par l'un de nous (S.) dans l'Oubangui-Chari oriental, nous résumerons ici l'état actuel de nos propres recherches :

1° Les *C. excelsa* cultivés ne constituent pas les seuls hôtes de ce parasite : la variété *neo-Arnoldiana* est également attaquée, et 40 % de la mortalité des *C. robusta* de l'Oubangui oriental sont dus au même *Fus. xylarioides*. Des contaminations artificielles, avec réussite de 5 à 80 %, ont confirmé la réceptivité des *robusta*. D'autre part, des *C. excelsa* sauvages, prétendus réfractaires à la

---

(1) Sur une maladie très grave du Caféier en Oubangui, Rapp. 11 p. dact., janvier 1941.

(2) *Bull. Soc. Bot. de Belgique*, 80, 1948, p. 42.

(3) *Rev. Bot. Appl. et Agric. trop.*, 26, 1946, p. 542.

(4) *Bull. agric. Congo belge*, 41, 1950, p. 361.

trachéomycose, sont atteints dans leur habitat naturel au même titre que les *excelsa* cultivés.

2° Le champignon attaque indifféremment les *excelsa* depuis le stade cotylédonaire jusqu'à l'âge avancé. Cependant, le pourcentage de mortalité est plus élevé quand les arbres entrent en production.

3° Au début, la maladie se manifeste par un jaunissement partiel ou complet du feuillage auquel succède un brunissement, unilatéral ou généralisé, des jeunes pousses situées aux extrémités de l'arbre et de leurs feuilles qui se recroquevillent en se desséchant, tombant bientôt au moindre souffle de vent. Rapidement, les rameaux aoûtés puis les branches acquièrent le même aspect; un mois après l'apparition des premiers symptômes, l'arbre dénudé se dessèche et meurt. Dans les crevasses de l'écorce, au collet, sur le tronc, les rameaux, très rarement les racines, apparaissent les multiples périthèces bleu-noirâtres, reposant sur un stroma très développé, d'une Hypocréale en rapport direct avec le *Fusarium* responsable.

4° La progression de la maladie ne se fait ni en longues lignes ni en taches, mais selon un processus mal défini qui permet d'écarter toute vraisemblance de contamination par le sol. Celle-ci se réalise par les organes aériens, à partir des conidies et des ascospores.

5° Nos observations et nos essais montrent que la pénétration du parasite se produit par les blessures provoquées par les instruments de culture et la taille, ou par un traumatisme, sans exclure l'intervention probable d'insectes piqueurs (punaises) ou xylophages (borers).

6° Une dépression nécrotique assez profonde des tissus s'observe généralement au niveau du collet, correspondant au point initial de pénétration du parasite. Des plages roses, violacées ou bleu-noirâtres affectent ensuite les tissus du cylindre central.

7° Un abondant mycélium hyalin, cloisonné, intra- et intercellulaire, traversant les membranes lignifiées et subérifiées obstrue les vaisseaux conducteurs, surtout au niveau du collet. A l'approche de la mort, il envahit l'ensemble de l'arbre, et l'occlusion des vaisseaux, sensiblement totale, provoque l'apoplexie foudroyante des caféiers.

8° On a opposé à la prétendue résistance des *C. excelsa* sauvages la haute sensibilité des *excelsa* cultivés et attribué celle-ci aux changements d'habitat, au non-acclimatement, au déséquilibre physiologique, à la taille, aux façons culturales. Mais des plantations de pleine savane sont encore intactes; d'autres, établies à proximité de galeries forestières en partant de jeunes caféiers qui y furent prélevés, entièrement dévastées; des caféiers, abandonnés depuis plusieurs années, n'ayant jamais subi ni taille, ni écimage, ni pincement, sont en voie de succomber. Aussi pensons-nous que des raisons d'ordre génétique expliquent beaucoup mieux de tels faits; il existe au sein de *Coffea excelsa* des

races ou des individus dont la sensibilité à l'égard du *Fus. xylarioides* se montrerait très différente.

9° Le champignon, isolé à partir des tissus nécrosés de *C. excelsa*, *neo-Arnoldiana* et *robusta*, cultivé sur milieux nutritifs variés, produit des colonies disposées concentriquement, offrant sur pomme de terre un mycélium blanc-jaunâtre coloré au centre en noir-violacé à reflet verdâtre, incolore au microscope, régulièrement cylindrique ou variqueux, cloisonné, de 3-5 μ de diamètre qu'accompagnent à la fois : 1° *Pionnotes*; 2° *microconidies* unicellulaires, allantoïdes, arrondies aux sommets, groupées en fausses têtes unies par un mucus, de 5-7,5-10 × 2,5-2,9-3,3 μ; 3° *macroconidies* hyalines, falciformes-fusoïdes, fortement incurvées en croissant, à sommet très recourbé-effilé, à base tétiniforme-pédiforme peu différenciée, uniseptées (62 % : 10,3-14,1-22,7 × 2,1-2,5-3,5 μ), biseptées moins souvent (20 % : 14,5-19,1-23,5 × 2,3-2,6-3,1 μ), plus rarement triseptées (14 % : 15,5-20,1-23 × 2,3-2,65-3,1 μ), exceptionnellement quadriseptées; 4° *chlamydospores* abondantes, hyalines, mycéliennes et conidiennes, intercalaires, latérales ou terminales, uni- ou bicellulaires, lisses ou échinulées, de 10-15 × 8-10 μ. Les macroconidies correspondent à celles décrites par Steyaert, mais ce dernier, qui n'a pas observé les chlamydospores, a rangé à tort ce *Fusarium* parmi les *Arachnites* de Wollenweber et Reinking.

10° La découverte de la forme ascosporée sur support naturel comme sur milieux artificiels éloigne encore davantage de ce groupe notre champignon. Les périthèces, ovoïdes, à paroi épaisse, de 200-400 × 180-300 μ, bleu-noirs à reflet violacé de même que le stroma ramifié à éléments cylindroïdes qui est épais (parfois de 1/1,5 mill.) et d'origine profonde, renferment des asques hyalins, à paroi mince, cylindracés-brièvement pédicellés, à appareil apical amyloïde fruste, octosporés, de 90-110 × 7-9,5 μ. Les ascospores unisériées, de teinte à peine paille, fusoïdes, arrondies aux extrémités dont l'une est cependant parfois quelque peu pédiforme, bicellulaires (exceptionnellement biseptées), à loge supérieure plus large, ogivale ou prépuciforme, *très* finement ponctuées ou verruculeuses-caténulées, de 12-14,5 (— 20) × 4-5 × 5-5,6 μ, germent en reproduisant le *Fus. xylarioides*.

Les caractères très spéciaux de la forme ascosporée ainsi découverte permettent d'assigner à cette espèce fusarienne une position très particulière parmi l'ordre des Hypocréales. Proche des *Gibberella*, s'en différenciant par les ascospores uniseptées et subtilement ponctuées, les périthèces agrégés et le stroma xylarioïde, elle caractérise une section nouvelle, ou mieux une coupure générique inédite que nous appellerons *Carbuncularia*.

M. **Albert Michel-Lévy** adresse à l'Académie un certain nombre d'exemplaires d'une Notice nécrologique sur *Alfred Lacroix*, qu'il a écrite en collaboration avec Mme **Élisabeth Jérémine** pour le *Bulletin de l'Association internationale de volcanologie*.

M. **Selman A. Waksman** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *The actinomycetes, their nature, occurence, activities and importance.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui feront partie de la *Société des Amis de l'Imprimerie Nationale.*

MM. **Georges Poivilliers** et **Hippolyte Parodi** sont désignés.

M. le **Secrétaire d'État aux Forces armées** invite l'Académie à désigner celui de ses Membres qui fera partie du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique* en remplacement de M. Albert Caquot, Membre sortant et rééligible.

Le **Président du IIe Congrès international de criminologie** invite les Membres de l'Académie à prendre part aux travaux de ce Congrès, qui se tiendra, en Sorbonne, du 10 au 19 septembre 1950.

M. le **Recteur de l'Université de Bologne** invite l'Académie à se faire représenter aux Congrès scientifiques qui auront lieu dans cette ville, du 14 au 25 septembre, et particulièrement à la célébration, le 17 septembre, du *Centenaire de la naissance d'Augusto Righi,* Correspondant de l'Académie pour la Section de physique.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Diffraction et quantité d'information.* Note de MM. **André Blanc-Lapierre** et **Marcel Perrot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étant donnée une ouverture $\mathcal{L}_0$, on considère la figure de diffraction à l'infini Δ_2 d'un objet Δ_1, à l'infini, constitué de sources incohérentes. Des propriétés de la correspondance entre Δ_2 et Δ_1, on déduit une évaluation de la quantité d'information transmise à travers $\mathcal{L}_0$.

I. *Introduction.* — La correspondance entre un objet *incohérent* Δ_1, situé à l'infini, et sa figure de diffraction à l'infini Δ_2, à travers une ouverture $\mathcal{L}_0$ (lumière monochromatique de longueur d'onde λ) a été soigneusement étudiée par M. Duffieux et ses collaborateurs [1]. D'autre part, le développement récent des télécommunications a conduit à une théorie générale de l'information. Nous allons faire quelques remarques conduisant, à partir des résul-

[1] Voir *L'intégrale de Fourier et ses applications à l'Optique* par P. M. Duffieux, Rennes, 1946. On y trouvera une bibliographie complète et les raisonnements conduisant aux résultats que nous utilisons et que nous rappelons très brièvement.

tats de M. Duffieux, au calcul de la quantité d'information correspondant à la transmission objet-image à travers $\mathcal{L}_0$.

II. *Rappel de résultats connus* (¹). — Soient Ox, y, z un trièdre trirectangle et $\mathcal{L}_0$ une ouverture, d'aire Γ, entourant O, pratiquée dans xoy supposé opaque. α_1, β_1, γ_1 sont les cosinus directeurs relatifs à un point de Δ_1; α_2, β_2, γ_2 ceux d'une direction d'observation. On suppose les α et les β petits. Soient $\sigma[\alpha_1, \beta_1]$ un facteur de brillance défini par le fait que le flux envoyé sur $\mathcal{L}_0$ par la région $d\alpha_1\, d\beta_1$ de Δ_1 est égal à $\Gamma.\ \sigma[\alpha_1, \beta_1]\, d\alpha_1\, d\beta_1$ et $s[\alpha_2, \beta_2]$ le facteur correspondant dans l'*image*. La correspondance σ, s est alors définie par l'une ou l'autre des relations équivalentes suivantes :

$$s[\alpha_2, \beta_2] = \iint \sigma[\alpha_1, \beta_1]\, i[\alpha_2 - \alpha_1, \beta_2 - \beta_1]\, d\alpha_1\, d\beta_1 \quad \text{ou} \quad S(\xi, \eta) = I(\xi, \eta)\, \Sigma(\xi, \eta)$$

Les majuscules désignent les transformées de Fourier des fonctions représentées par les minuscules. $i[\alpha_2, \beta_2]$ représente la distribution d'intensité dans la tache de diffraction liée à un point objet situé en $\alpha_1 = \beta_1 = 0$. I ne diffère de zéro que dans un domaine $\mathcal{L}'$ *borné, englobant l'origine,* défini comme suit : soit $\mathcal{L}$ un domaine de $\xi \times \eta$ déduit de $\mathcal{L}_0$ en remplaçant x, y par ξ ; η et soit T une fonction valant 1 dans $\mathcal{L}$ et zéro à l'extérieur de $\mathcal{L}$. $\mathcal{L}'$ est le lieu des points pour lesquels le produit de composition de $T(\lambda\xi, \lambda\eta)$ par $T(-\lambda\xi, -\lambda\eta)$ est différent de zéro

III. *Diffraction et théorie des communications.* — Décomposons σ en *ondes* $e^{2\pi i[\xi\alpha+\eta\beta]}$ et adoptons le langage de la théorie des communications. s est la transformée de σ dans un *filtre linéaire* (2) *de gain* I *ou de réponse percussionnelle* i. Toute onde Ⓗ$_1$ pour laquelle le point ξ, η est extérieur à $\mathcal{L}'$ est éliminée dans la transmission. Toute onde Ⓗ$_2$ pour laquelle le point ξ, η est intérieur à $\mathcal{L}'$ est transmise. *La transmission correspond à un filtre passe-bas de bande passante* $\mathcal{L}'$. L'ensemble des ondes Ⓗ$_2$ subit une distorsion car I varie avec ξ, η. La transformation de $s[\alpha_2, \beta_2]$ dans un filtre linéaire dont le gain, pour les fréquences ξ, η de $\mathcal{L}'$, vaudrait 1/I, fournit d'ailleurs une solution *de principe* pour corriger cette distorsion. *En fait,* cette correction ne sera que partielle; nous la supposerons cependant parfaite, de sorte que nous calculerons une valeur optima de la quantité d'information.

IV. *Quantité d'information.* — Attribuons une valeur significative à un domaine limité $\mathcal{D}$ de l'espace $\alpha \times \beta$ [d'extension A en $\alpha \times \beta$]. La quantité d'information transmise sera liée au nombre de fonctions σ à spectre limité par $\mathcal{L}'$ qui seront discernables sur $\mathcal{D}$. On peut montrer que, tout au moins

---

(²) A. Blanc-Lapierre, *Revue Scientifique*, 17, 1947, p. 1027; A. Blanc-Lapierre et R. Fortet, *Revue Scientifique*, 7, 1947, p. 419.

(³) William G. Tuller, *Procedings of the Institute of Radio Engineers*, 37, mai 1949, p. 468.

si $\mathcal{O}$ n'est pas trop petit, la définition sur $\mathcal{O}$ des fonctions dont le spectre est limité à $\mathcal{L}'$ fait intervenir A.L' degrés de liberté [L' = extension de $\mathcal{L}'$ en $\xi \times \eta$]. Soit r_1 la plus grande valeur de σ utilisable et admettons que, dans toute l'échelle o, r_1, la plus petite variation perceptible de σ ait une valeur constante Δr [Δr dépend de la sensibilité des moyens d'observation]; on est conduit, par extension de la théorie des communications (³), à associer à la transmission une quantité d'information

$$Q = A.L' \log\left(1 + \frac{r_1}{\Delta r}\right) = B.L'.$$

V. *Cas particuliers.* — Soient ω_1 une ouverture rectangulaire ($|x| \leq b$; $|y| \leq d$) et ω_2 une ouverture circulaire ($x^2 + y^2 \leq \rho_0^2$); on trouve :

$$Q(\omega_1) = 16B\left(\frac{d.b}{\lambda^2}\right) \quad \text{et} \quad Q(\omega_2) = 4\pi B\left(\frac{\rho_0}{\lambda}\right)^2.$$

Naturellement, Q varie comme l'inverse du carré du pouvoir de résolution *linéaire* adopté habituellement.

OPTIQUE. — *De la photophorèse et d'un effet de la lumière solaire provoquant une rotation de la matière dans le vide.* Note (*) de MM. **Félix Ehrenhaft** et **Ernst Reeyer**, transmise par M. Aimé Cotton.

Comme suite à de précédentes communications (¹), on donne ci-dessous la description de quelques formes de trajectoires intéressantes; celles-ci sont observées sur des particules en suspension dans des gaz raréfiés et soumises à l'action d'un faisceau lumineux très intense convergent ou divergent; de telles formes de trajectoires ont déjà été décrites antérieurement (²), (³).

A côté de trajectoires circulaires ou épicycloïdales situées dans un plan perpendiculaire au rayon lumineux, on en rencontre aussi qui résultent d'un mouvement oscillatoire de la particule dans la direction de la lumière, particule alternativement photopositive et photonégative, et d'un mouvement circulaire à rayon constant ou variable dans un plan perpendiculaire au faisceau.

Remarques générales sur les photographies : le corps d'essai utilisé est du graphite en suspension dans des gaz raréfiés : *fig.* 1, Argon 5^{mm}; *fig.* 2, 3 et 4, Argon 2^{mm}; *fig.* 5, Air $2^{mm},5$; le faisceau est horizontal et sa direction indiquée par *lum* ou *l* sur les différentes figures qui portent en outre l'indica-

(*) Séance du 7 août 1950.

(¹) *Voir* description du dispositif expérimental dans : *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1708.

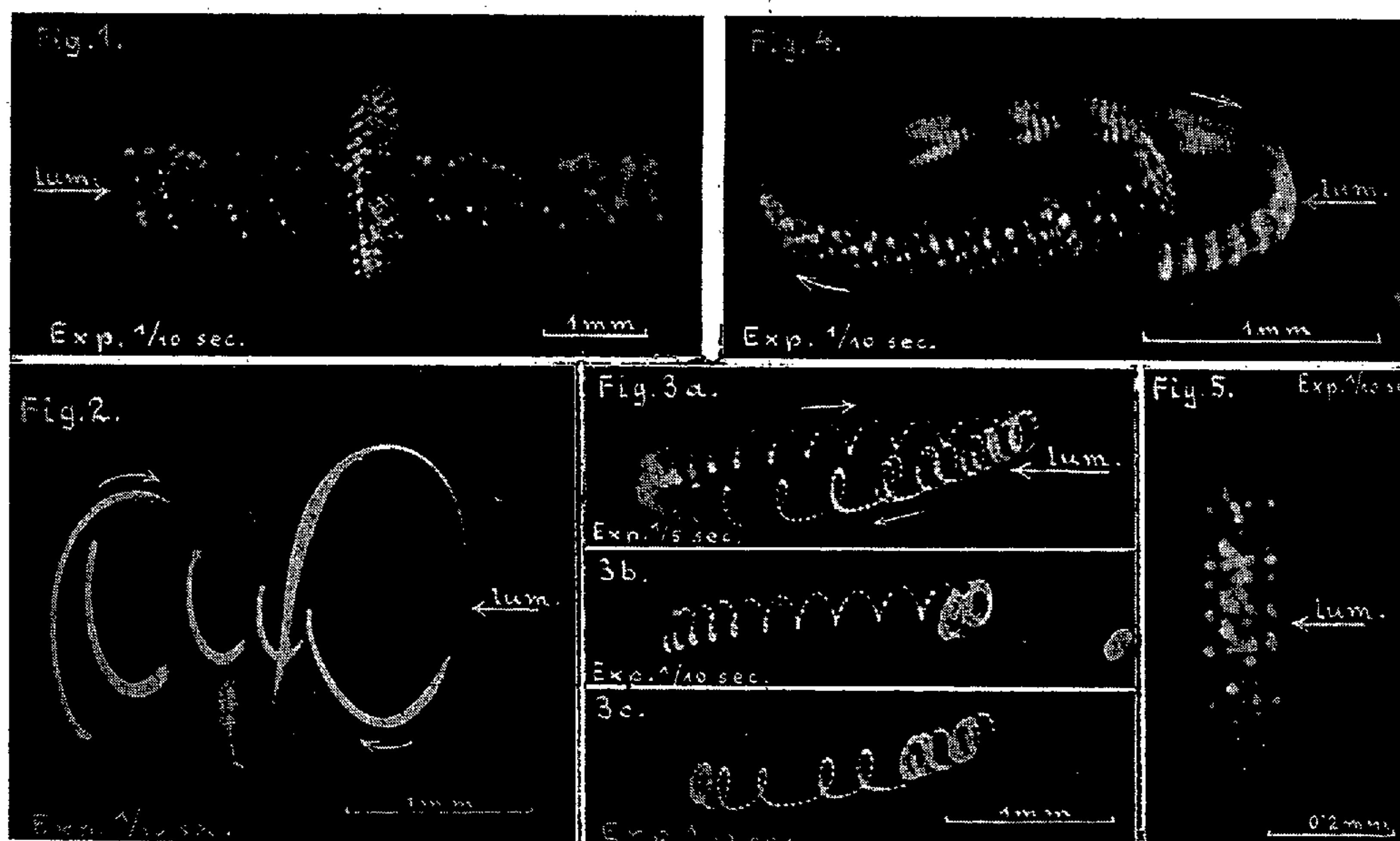
(²) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 515.

(³) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1654.

tion du temps de pose. Pour la figure 1 on a utilisé une lampe à arc, pour toutes les autres la lumière solaire.

Figure 1 : Deux particules dont l'une décrit une trajectoire circulaire (fréquence environ 50 par seconde) et l'autre une trajectoire résultant d'un mouvement circulaire de plus petit diamètre (fréquence environ 200 par seconde) et d'un mouvement oscillatoire dans la direction du faisceau (fréquence environ 40 par seconde); au cours de ce dernier mouvement la deuxième particule passe régulièrement au travers de la trajectoire circulaire décrite par la première, ce qui montre de façon évidente que des courants gazeux éventuels au voisinage de la trajectoire ne jouent aucun rôle dans ces mouvements. Pour les deux particules on observe également un rapide mouvement de rotation qui se traduit par un aspect ponctué des trajectoires; la même remarque s'applique aux figures 3, 4, 5 ci-dessous.

Figure 2 : La particule décrit deux spires d'une hélice à gauche dans le sens



inverse de la propagation de la lumière et revient en décrivant 3 ou 4 spires d'une hélice à droite, dont le diamètre augmente progressivement; fréquence $\sqrt{10}$ par seconde environ.

Figure 3 : La particule montre à côté de son mouvement circulaire un mouvement oscillatoire qui n'est pas rectiligne mais approximativement elliptique. La première des trois photographies montre une révolution complète; les deux autres exécutées avec un temps de pose moitié moindre, montrent chacune une demi-révolution.

Figure 4 : Chacune des 2 particules est animée d'un mouvement circulaire

de fréquence environ 150 par seconde. En outre elles décrivent chacune avec la même fréquence (environ 3 par seconde) une ellipse allongée; le mouvement est analogue à celui des 2 composantes d'une étoile double. On a sur la photographie un peu plus d'une demi-révolution. On peut ici encore faire la même remarque qu'à propos de la figure 1, en ce qui concerne l'action d'éventuels courants gazeux.

Figure 5 : la particule décrit une trajectoire circulaire avec une fréquence d'environ 40 par seconde. Seule la portion avant de la trajectoire est nettement visible. On peut distinguer plusieurs révolutions; les points qui constituent la trajectoire, dus à un éclairement régulier de la particule par suite d'un mouvement de rotation ou d'un étroit mouvement hélicoïdal, sont dans chaque cas à la même place et fournissent ainsi un exemple du fait déjà mentionné par nous d'après lequel les fréquences du mouvement hélicoïdal et du mouvement circulaire seraient entre elles comme des nombres entiers ([4]), et cela beaucoup plus souvent qu'on ne s'y attend.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à une théorie de la dépolarisation dans les cellules au bioxyde de manganèse.* Note de M. **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le calcul de la densité des pyrolusites par deux méthodes différentes a permis d'envisager une théorie de la dépolarisation par le bioxyde de manganèse de caractère surtout physique. Cette théorie est basée sur la conception d'un état disloqué du bioxyde de manganèse au sens de Mott. On obtient ainsi un accord très satisfaisant entre les quantités d'électricité débitées par une cellule et les quantités calculées à partir de la théorie.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions souligné les difficultés qui s'opposaient aux théories purement chimiques de la dépolarisation dans les cellules électro-chimiques au bioxyde de manganèse. Ces théories, basées sur l'hypothèse de la réduction de MnO_2 à un oxyde inférieur du manganèse, généralement Mn_2O_3, ne peuvent justifier les quantités d'électricité débitées par ces cellules.

L'analyse chimique nous avait permis de montrer que la réduction de MnO_2 à l'état de Mn_2O_3 ne pouvait pas fournir plus de 10 à 20 % maximum du courant effectivement débité.

Nous avons poursuivi l'examen par les rayons X de mélanges dépolarisants avant et après décharge des cellules. Nous avons pu montrer que les diagrammes de Debye obtenus à partir de ces mélanges ne subissent pas de modifications sensibles. Seuls, deux anneaux d'intensité très faible que l'on peut attribuer

---

([4]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 938.

([1]) J. Brenet et A. Héraud, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1598.

à Mn_2O_3 sont apparus sur les diagrammes exécutés sur un mélange dépolarisant après décharge. Ces anneaux ont d'ailleurs disparu par lavage de ce même mélange à l'acide sulfurique dilué. Ceci nous a donc confirmé la présence de l'oxyde Mn_2O_3 après la décharge d'une cellule.

Toutefois, l'intensité de ces anneaux faibles de sesquioxyde correspond bien à la teneur en Mn_2O_3 dans le mélange telle qu'elle avait été déterminée par l'analyse chimique.

Nous avons en outre calculé la densité d'une pyrolusite à partir de ses paramètres cristallins. Cette densité est en accord excellent avec celle déterminée par adsorption de l'hélium.

Enfin il a été aisé d'établir la relation linéaire existant entre la densité et le nombre des atomes de manganèse et d'oxygène susceptibles d'exister dans la maille élémentaire du bioxyde. Cette relation tient compte, d'une part de la composition centésimale atomique en manganèse et oxygène dans la molécule de MnO_2, et d'autre part des paramètres cristallins de ce même bioxyde.

Pour que la valeur de la densité résultant de cette relation s'accorde avec la densité réelle mesurée, il est nécessaire que nous ayons 4 ions oxygène et 7 ions manganèse dans la maille élémentaire.

Nous avons interprété ce résultat en considérant qu'il y avait des défauts en ions Mn^{+4} dans les cristaux MnO_2, avec un défaut correspondant en électrons pour assurer la neutralité électrique de ces cristaux. Nous pensons que ce manque en ions Mn^{+4} conduit à un état disloqué au sens de Mott ([2]), par exemple.

En considérant alors que l'ion Mn^{+4} du point de vue charges électriques, est équivalent à 4 protons, nous avons calculé le nombre de défauts en ions Mn^{+4} nécessaire pour qu'il y ait capture de tous les ions H^+ formés au cours de la décharge de la cellule. Ces ions H^+ ainsi capturés seraient liés aux ions oxygène avec une énergie suffisante, car cette énergie de liaison est de même ordre que celle qui lierait l'ion Mn^{+4} aux ions O^{-2}.

Cette théorie considère donc que l'action dépolarisante de MnO_2 est une action plutôt physique de capture des ions H^+ dans les défauts en ions Mn^{+4} des cristaux de bioxyde.

Du point de vue cristallographique, vu la dimension négligeable des protons, cette capture des ions H^+ ne semble pas devoir entraîner une perturbation appréciable du réseau initial de MnO_2. C'est bien là ce que nous observons sur les diagrammes X réalisés sur des bioxydes après décharge d'une cellule.

Du point de vue chimique, le rapport oxygène-manganèse reste inchangé également et par suite les méthodes habituelles de dosage des pyrolusites ne

---

([2]) *Research*, 2, 1942, p. 162.

peuvent évidemment constater une modification dans la teneur en oxygène actif.

Enfin, les quantités d'électricité débitées par une cellule sont en très bon accord avec les quantités que nous calculons par cette théorie. L'écart entre les deux valeurs, expérimentale et théorique, correspond pratiquement à la quantité d'électricité qui peut être justifiée par la masse de MnO_2 réduite à l'état Mn_2O_3, cet écart est de 15 % environ.

Cette théorie permet donc bien de concevoir l'évolution des ions H^+ du côté cathodique conformément aux lois de Faraday, ce qui est évidemment nécessaire comme nous l'avons indiqué (1) par ailleurs.

Enfin, nous pouvons nous faire une idée de la notion d'activité plus ou moins grande des bioxydes. Cette activité n'est pas liée en effet directement à la teneur en oxygène actif, mais surtout à l'état physique des cristaux de MnO_2.

L'activité plus ou moins grande d'un bioxyde consisterait essentiellement en un état cristallin rendant les lacunes en ions Mn^{++} plus ou moins accessibles aux ions H^+. Ce phénomène serait donc bien en relation avec les distorsions de plans réticulaires, avec le relâchement des liaisons ou avec les modifications de distance manganèse-oxygène que nous avons déjà signalés (1), (3).

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Relations entre les conditions de cristallisation de l'acétaldéhyde et sa polymérisation.* Note (*) de MM. **Maurice Letort** et **Julien Pétry**, transmise par M. Jacques Duclaux.

On a montré dans notre laboratoire (1), comme ceci a été confirmé depuis (2), (3), que le polyacétaldéhyde se forme au moment de la cristallisation du monomère (P. F. —123°,3). Nous avons récemment rapporté d'autre part que la présence d'un initiateur (très vraisemblablement l'acide peracétique) est également nécessaire à cette polymérisation (4).

Nous allons montrer que pour une concentration constante en initiateur, la durée de la cristallisation ainsi que le nombre de germes de cristallisation ont une influence considérable et compliquée sur le rendement de la réaction et sur le poids moléculaire des polyacétaldéhydes qui se forment.

Nos expériences ont été faites dans les conditions suivantes : 25$^{cm^3}$ d'acétaldéhyde soigneusement préparé à l'abri de l'air, sont introduits par distillation dans un vase en verre pyrex. Celui-ci est placé dans un cryostat dont la

(3) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1950.

(*) Séance du 21 août 1950.

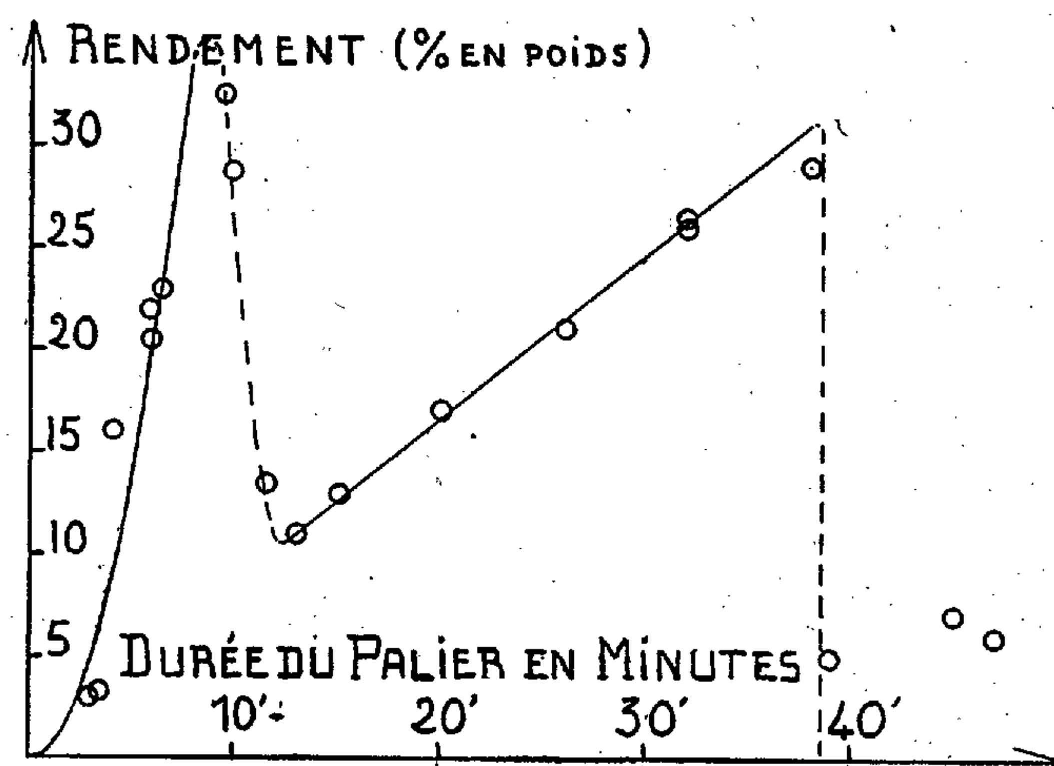
(1) M. Letort, X. Duval et Y. Rollin, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 50.

(2) H. A. Rigby, C. J. Danby et C. N. Hinshelwood, *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 234.

(3) J. C. Bevington et R. G. W. Norrish, *Proc. Roy. Soc. London*, A **196**, 1949, p. 363.

(4) M. Letort et J. Petry, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 519.

température est réglée par circulation plus ou moins rapide d'azote liquide ([5]). L'acétaldéhyde est ainsi porté en quelques minutes à —118°. La température



est mesurée à l'aide d'un thermomètre à tension de vapeur d'éthylène. Elle est maintenue à $-118 \pm 1°$ pendant 30 minutes durant lesquelles l'aldéhyde est soumis au travers d'une fenêtre en quartz et en présence d'oxygène sec sous 65 cm Hg, au rayonnement d'une lampe à vapeur de mercure. Comme nous l'avons rapporté ([4]), ce traitement forme *in situ* le peroxyde initiateur.

L'irradiation étant terminée, l'aldéhyde régulièrement refroidi atteint son point de cristallisation (—123°,3) et le dépasse dans la presque totalité des expériences. Lorsque la température parvient à —124°,3, un poussoir magnétique projette dans l'aldéhyde liquide un peu de poudre de verre finement broyé. La surfusion cesse. En une minute environ, la température remonte à —123°,3 et s'y maintient pendant toute la durée de la cristallisation. Le réglage du refroidissement permet de faire varier cette durée à volonté.

1. Pour une masse constante ($0^g,2$) de poudre de verre servant de germes de cristallisation, le rendement (exprimé en poids) de la polymérisation varie de façon compliquée avec la durée de la cristallisation comme l'indique le graphique.

2. Bien que dans l'état actuel des choses nous ne soyons pas encore en mesure de déterminer les poids moléculaires avec beaucoup de précision, il est clair qu'aux différentes zones de la courbe précédente correspondent des poids moléculaires différents des polyacétaldéhydes formés.

Pour des durées de cristallisation allant de 3 à 10 minutes, le poids moléculaire semble varier proportionnellement à cette durée; il est de l'ordre de 10^6 pour 6 minutes.

([5]) X. Duval et M. Letort, *Bull. Soc. Chim.*, 1946, p. 580.

Pour des durées de cristallisation allant de 12 à 38 minutes, le poids moléculaire est de l'ordre de $2{,}5.10^6$; il semble indépendant de la durée de cristallisation.

3. Le rendement varie d'autre part avec le nombre de germes de cristallisation; toutes conditions égales par ailleurs, il augmente lorsque celui-ci diminue.

Ainsi, pour une durée de cristallisation de 20 minutes, en amorçant la solidification par quelques milligrammes de poudre de verre (au lieu de 200^{mg}), le rendement passe de 17 % à 28 %.

Afin de mieux définir ces conditions expérimentales, dans quelques essais, nous avons amorcé la cristallisation par de petites billes de verre de $0^{mm},5$ de diamètre; pour une durée de cristallisation de 20 minutes, le rendement de polymérisation est de 17 % avec 300 billes et de 38 % avec 20 billes.

Dans une publication ultérieure, nous donnerons le détail de ces résultats et nous proposerons une interprétation théorique qui rend compte de l'ensemble du phénomène. Celle-ci postule essentiellement que les radicaux libres initiateurs naissent au moment de la cristallisation et, d'autre part, que le processus de rupture de chaînes dépend de la taille moyenne du cristallite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse d'hydrocarbures phénanthréniques.* Note de MM. **Jean Colonge** et **Félix Collomb**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nouveau procédé, relativement simple, donnant des polyalcoylphénanthrènes à partir de l'*o*-allylcyclohexanone et comportant trois phases : une condensation en présence de chlorure d'aluminium, une cyclodéshydratation par l'acide bromhydrique et une déshydrogénation par le soufre.

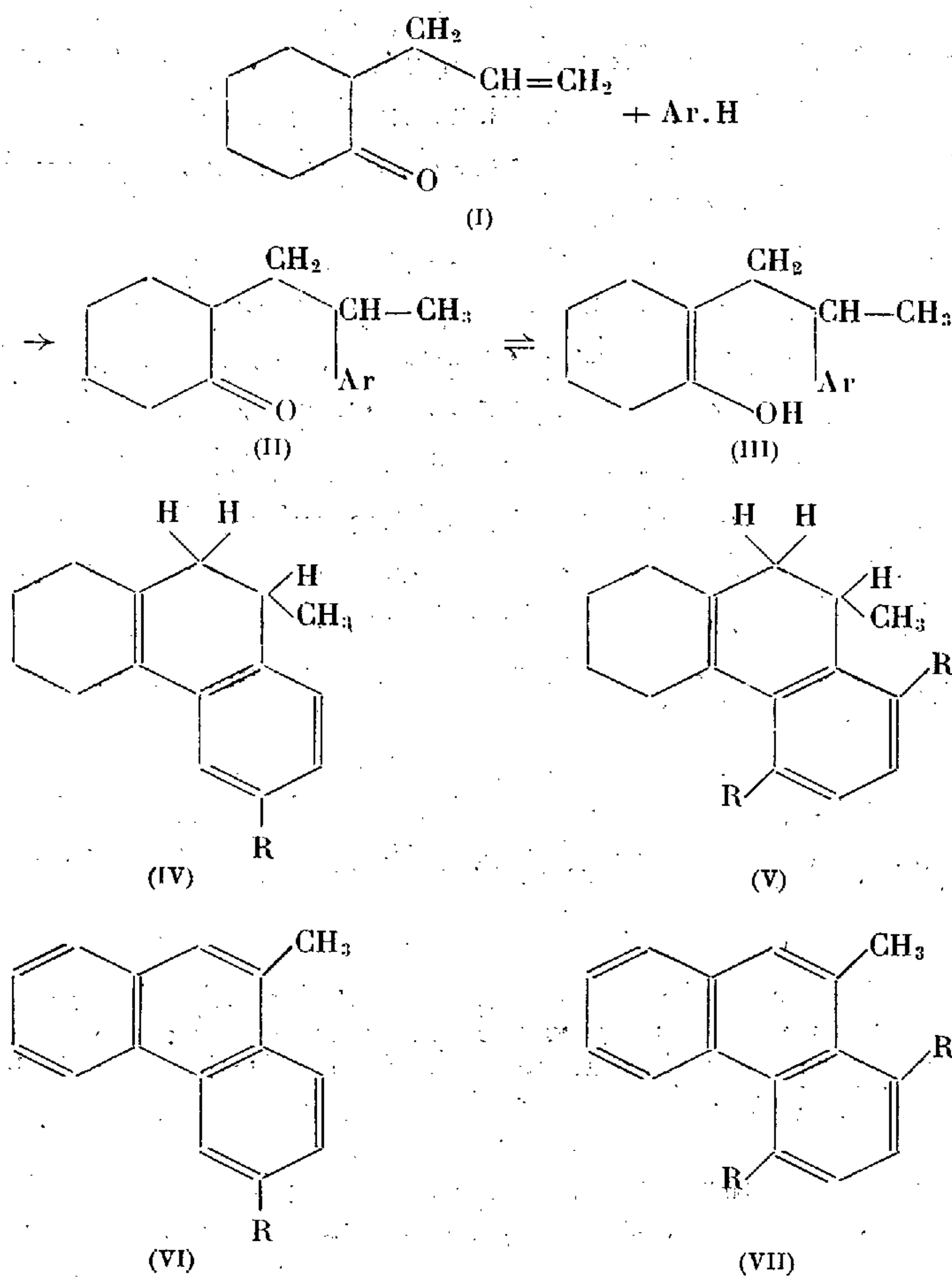
On sait que les cétones γ-éthyléniques additionnent les hydrocarbures benzéniques, en présence de chlorure d'aluminium ([1]); nous avons constaté qu'il en est de même avec l'*o*-allylcyclohexanone (I) qui conduit à des (*aryl*-2_2 *propyl*)-2 *cyclohexanones* (II) et (III); celles-ci, traitées en solution dans l'acide acétique par l'acide bromhydrique anhydre, subissent une cyclodéshydratation en *hexahydro*-1-2-3-4-9-10 *méthyl*-9 *phénanthrènes*, pouvant être substitués en 6 si l'on a utilisé un monoalcoylbenzène (IV) ou en 5 et 8 si l'on a utilisé un *p*-dialcoylbenzène (V).

Au cours de l'action condensante de l'acide bromhydrique, on peut observer une addition de l'hydracide sur les hydrocarbures (IV) et (V) et, dans certains cas, on isole un bromoctahydrométhylphénanthrène qu'il faut alors traiter par la potasse alcoolique pour passer à l'hexahydrométhylphénanthrène correspondant.

([1]) Colonge et Pichat, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 853

Enfin, la déshydrogénation des hexahydrures par le soufre conduit aux phénanthrènes (VI et VII).

Les détails expérimentaux seront donnés ultérieurement.



Nous donnons ci-après les caractéristiques de quelques substances préparées pour aboutir aux méthyl-9, diméthyl-3.10 et triméthyl-1.4.10 phénanthrènes.

(*Phényl-2₂ propyl*)-2 *cyclohexanone* $C_{15}H_{20}O$. — Action du benzène sur l'allylcyclohexanone ; liquide, E_4 142° ; semicarbazone F 145°.

Hexahydro-1.2.3.4.9.10 *méthyl*-9 *phénanthrène* $C_{15}H_{18}$. — Liquide visqueux, E_7 148°.

Méthyl-9 *phénanthrène* $C_{15}H_{12}$. — Composé déjà connu ; F 92°.

(*Méthyl-4' phényl-2₂ propyl*)-2 *cyclohexanone* $C_{16}H_{22}O$. — Liquide, E_3 135°, obtenu par action du toluène sur l'allylcyclohexanone ; semicarbazone F 130°.

Hexahydro-1.2.3.4.9.10 *diméthyl*-6.9 *phénanthrène* $C_{16}H_{20}$. — Liquide visqueux, E_4 147°.

Diméthyl-3.10 *phénanthrène* $C_{16}H_{14}$. — Liquide visqueux, E_4 167 ; picrate F 137°.

(*Diméthyl-2'.5' phényl-2₂ propyl*)-2 *cyclohexanone* $C_{17}H_{24}O$. — Action du *p*-xylène sur l'allylcyclohexanone ; liquide E_5 158° ; semicarbazone F 173°.

Octahydro-1.2.3.4.9.10.11.12 *triméthyl*-5.8.9 *bromo*-12 *phénanthrène* $C_{17}H_{23}Br$. — Isolé après action de HBr sur la cétone précédente; cristaux incolores, se décomposant sans fondre vers 90°. Analyse : Br % tr. 26,4; calc. 26,06.

Hexahydro-1.2.3.4.9.10 *triméthyl*-5.8.9 *phénanthrène* $C_{17}H_{22}$. — Liquide visqueux, obtenu par action de la potasse alcoolique sur le composé bromé précédent; E_3 152°.

Triméthyl-1.4.10 *phénanthrène* $C_{17}H_{16}$. — Liquide visqueux; picrate F 130°5.

MYCOLOGIE. — *Les boucles mycéliennes des Eumycètes.* Note de M. **Gabriel Arnaud**, présentée par M. Roger Heim.

Ce problème a fait l'objet de nombreuses publications : il ne sera question ici que du point de vue morphologique, l'interprétation au sujet de la sexualité étant encore très obscure.

Les boucles sont connues depuis très longtemps chez les Basidiomycètes. Chez les Ascomycètes on a signalé d'abord la boucle de la base de l'asque ou *crochet ascogène*, puis les boucles mycéliennes des *Endomyces* [Guilliermond, Mangenot ([1])] et celles des filaments ascogènes des Champignons des Lichens (Fernand Moreau, 1922, etc.); on peut leur assimiler probablement les anastomoses des cellules de Levures.

Chez les Discomycètes l'étude est assez facile chez quelques espèces où le sous-hyménium se dissocie plus facilement (coupes épaisses à la main, dilacérées ou écrasées avec précaution) : *Phialea echinophila, Calycella citrina, Arachnopeziza aurea, Helotium, Tapezia, Pulvinula* sp. Dans certains cas on peut observer trois à six boucles morphologiquement identiques superposées sur le même filament ascogène, la dernière étant le *crochet*. Chez diverses espèces toutes les boucles (même le crochet) donnent des ramifications; alors la boucle est très modifiée et presque méconnaissable. Dans certains cas cependant les filaments ascogènes paraissent dépourvus de boucles, mais peut-être ces dernières sont-elles déformées par suite de l'émission d'un rameau. Le « crochet » ne se distingue en rien, morphologiquement, des boucles placées plus bas.

Un premier point à considérer est l'homologie des boucles des deux groupes; elle a été niée (Buller), mais elle ne paraît pas contestable; il n'y a qu'une différence de nomenclature. Si l'on considère le *corps* du crochet ascogène (indiqué à tort comme partie basilaire) comme le prolongement de l'axe et le *bec* du crochet comme une boucle formée hâtivement, il n'y a plus de différences entre les Ascomycètes et les Basidiomycètes. Cette identité amène à considérer le cas des Urédinées, section incontestable des Basidiomycètes Hétérobasidiés. Chez les Urédinées il y a deux organes essentiels : la baside (promycélium) et les spermaties (probablement organes mâles : Tulasne, Craiggie; comparables aux spermaties des Discomycètes : Drayton). Pour les autres formes de multi-

([1]) *Bull. Soc. Myc. Fr.*, 38, 1922, pl. I-II.

plication (écidies, urédosores, téleutosores), il convient de considérer que ces trois éléments sont homologues et dérivent d'un type commun à spores en chapelet ([2]); ce sont des formations secondaires surajoutées aux basides et spermaties, organes primitifs. Les *Aecidium* dériveraient plus simplement des *Endophyllum*, quoiqu'on indique habituellement l'inverse ([3]).

A la base des écidies et de certaines formes à téleutospores (Dodge, in *Gallowaya Pini*), on a décrit des anastomoses dont l'interprétation sexuelle n'est pas considérée ici. Il convient de relever que pour des coupes au microtome, après inclusion, l'ordre dans lequel on place les dessins dépend uniquement d'une vue de l'esprit et qu'une formation de boucles donnerait exactement les mêmes stades qu'une anastomose, mais disposés chronologiquement dans un ordre inverse. Le cas que nous avons étudié (*Caeoma mercurialis*) ne se prêtait pas bien à l'examen, mais d'après les dessins, souvent sommaires, donnés par les auteurs, nous inclinerions à penser qu'au moins dans certains cas, les prétendues anastomoses correspondent à des boucles assez allongées vers le bas, comme on en rencontre chez divers Discomycètes [*Rhizina inflata*, etc. : *voir* Andrus ([4])]. Cette opinion concorde mieux avec les expériences de Craiggie qui démontrent (sans donner le détail morphologique de la fécondation) le rôle fécondant des spermaties des Urédinées.

PÉDOLOGIE. — *Étude expérimentale de l'évolution des matières organiques dans le sol.* Note de MM. **Stéphane Hénin** et **René Bétrémieux**, présentée par M. Albert Demolon.

La formation de matières voisines des acides humiques à partir des substances végétales en décomposition semble comporter deux phases successives. La fermentation produit d'abord en milieu réducteur une matière qui n'acquiert les caractères essentiels des acides humiques qu'en poursuivant son évolution en milieu oxydant.

Divers travaux antérieurs ont permis de montrer que le fer contenu dans le sol et même dans certains minéraux pouvait se déplacer sous l'influence des fermentations ([1]), ([2]), ([3]).

([2]) Kursanow, *Bull. Soc. nat. Moscou*, n. s, **31**, 1917, p. 1-139, pl. I-III (*voir* p. 101 et 116).

([3]) Chez les Urédinées les types les plus communs, qui sont certainement dérivés (*Puccinia*, *Uromyces*), ont servi de base au groupe pour les auteurs anciens; le type primitif du groupe serait pour nous un *Ochrospora* réduit aux basides et aux spermaties (sans écidies).

([4]) *Journ. agric. res.*, **42**, 1931, p. 559-587, 11 figures.

([1]) S. Hénin et Bétrémieux, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 1393.

([2]) R. Bétrémieux, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1749.

([3]) S. Hénin et R. Bétrémieux, *Trans. 4th Inter. Cong. Soil Science, Amsterdam*, 1, 1950, p. 149-151.

Pour se rapprocher le plus possible des conditions naturelles, nous avons cherché à reproduire le même phénomène en utilisant du foin de luzerne finement pulvérisé. Le dispositif expérimental était le suivant : 10^g de farine mélangés avec 30^g de terre de l'horizon B d'un sol de limon de Versailles, représentant une colonne de 7^{cm} environ, sont introduits dans un tube de verre de 35^{mm} de diamètre au-dessus d'une couche de sable de Fontainebleau de 12^{cm} de hauteur reposant sur une couche de sable grossier de 2 ou 3^{cm} d'épaisseur. L'ensemble est maintenu en place à la base du tube par une toile à larges mailles et quelques cailloux, puis saturé d'eau par imbibition. Les expériences ont été conduites à l'étuve à 35° et à la température du laboratoire, soit 18° environ. Les tubes étaient arrosés chaque jour avec 10^{cm^3} d'eau distillée et recouverts d'un verre de montre pour éviter l'évaporation

Dans ces conditions, au bout de quelques jours, une fermentation intense se développe. Le mélange terre-luzerne prend une teinte brunâtre aux endroits les plus accessibles à l'air en même temps que se développe l'odeur caractéristique du fumier. Quelques jours plus tard, à la base, au contact du sable fin et du sable grossier, on voit se développer un liséré brun noir qui s'étend peu à peu vers le bas.

Le liquide de percolation présente également l'aspect brun noir caractéristique des acides humiques; son pH est légèrement alcalin (7, 6-7, 8) et il contient environ 30^{mg} Fe_2O_3 par litre. Par addition d'un peu de HCl, cette suspension donne un précipité nettement plus clair qui se redissout, après lavage, dans les alcalis. La teinte de cette solution alcaline est plus foncée que celle du précipité acide, mais reste plus claire que le liquide directement recueilli. Sans que l'on puisse affirmer qu'il y ait identité complète, le comportement de ces substances est donc très voisin de celui des acides humiques.

On peut interpréter cette expérience de la façon suivante. Sous l'influence des fermentations, une partie de la substance de la luzerne passe en solution. Les produits entraînés sont peu colorés; ils ne sont pas précipités par CO_3Ca. En effet, l'addition de 10 % de cet élément au sable fin n'a donné lieu à aucun dépôt. Arrivé au contact du sable grossier, sous l'influence de l'oxydation, la substance de couleur claire prend une teinte foncée et précipite au moins partiellement; le reste présente alors le comportement des acides humiques.

Afin de contrôler cet effet de l'oxydation, nous avons mis en comparaison des tubes préparés comme indiqué plus haut et d'autres tubes fermés à leur base par un bouchon de caoutchouc muni d'un tube de verre plongeant directement sous une couche d'huile de vaseline. Dans ces conditions, l'accès de l'air étant réduit, on pouvait recueillir les substances dans des conditions de milieu voisines de celles de leur formation. Il ne se forme alors aucun précipité dans le tube à la limite entre le sable fin et le sable grossier comme dans le cas précédent. Les liquides écoulés ont une teinte jaune orange qui confirme cependant que les matières directement formées par la fermentation sont de couleur claire,

la teinte orange étant due à la présence de fer dans la solution (300^{mg} Fe_2O_3 par litre). Le pH de ces jus est acide (5,5 environ). En y ajoutant HCl, il se forme, mais avec lenteur, un faible dépôt blanchâtre qui peut également être redissous en milieu alcalin. Le dépôt tend à la longue à prendre une couleur plus foncée, mais nous n'avons pas encore vérifié si cette teinte pouvait atteindre le brun franc par une oxydation plus poussée.

En utilisant de la paille de blé à la place de foin de luzerne, l'eau étant remplacée par une solution de peptone à 1 g/l, on obtient des résultats du même ordre. Par contre le papier filtre en pulpe n'a pas donné lieu jusqu'ici à la formation de matières humiques.

Ainsi, ces expériences ont permis de vérifier que même des matières organiques *naturelles* permettent un déplacement du fer, ce qui généralise les conclusions antérieures. Mais nous voyons aussi que cette technique expérimentale, dont nous avions introduit l'emploi, permet d'étudier la formation et le transport des matières humiques *in vitro*. Dans l'état actuel de nos expériences, il semble que cette évolution se produise en deux phases :

1° formation en milieu réducteur d'une matière de couleur claire migrant aisément à travers CO_3Ca et la terre elle-même, susceptible de complexer le fer;

2° formation en milieu oxydant, à partir de la matière claire, d'une matière noire, voisine des acides humiques, dont la fixation et la précipitation paraissent plus aisées.

Ces conditions expérimentales permettent par ailleurs de recueillir séparément l'une et l'autre de ces substances dont l'étude chimique sera poursuivie.

BIOLOGIE MARINE. — *Observations sur le nid de l'Amphipode* Jassa Falcata (*Montagu*). Note de M. **Bernard Callame**, transmise par M. Charles Pérez.

Jassa Facalta (Montagu, 1808) [1] est un Amphipode très cosmopolite. Signalé sur toutes nos côtes, de la Manche, de l'Atlantique et de la Méditerranée, il a été rencontré dans toutes les mers d'Europe, aux Açores, aux Falklands, en Australie [2]. Chevreux et Fage l'indiquent comme vivant dans les Algues des rochers et sur les bouées des ports.

A l'occasion de recherches entreprises par le Centre de Recherches et

(1) *Podocerus falcatus* Sars. (S. O. Sars, *An account of the Crustacea of Norway, with short descriptions and figures of all the species*. I. *Amphipodes*, p. 594, pl. 212, Christiania, 1894). *Jassa Falcata* Montagu 1808. (G. Montagu, *Trans. Linn. Soc. London*, 1808).

(2) E. Chevreux et L. Fage, *Faune de France*, IX. *Amphipodes*, Paris, 1925; E. Chevreux, *Bull. Soc. Zool. France*, 12, 1887, p. 288-340.

d'Études Océanographiques ([3]), nous avons trouvé cette espèce à La Rochelle, d'abord sur un chalutier en cours de carénage, puis sur trois balises flottantes qui avaient séjourné pendant quatre années dans le Pertuis d'Antioche à quelques milles au Sud de l'île de Ré.

Ce mode d'habitat, où l'animal se trouve mêlé aux autres salissures des carènes, justifie peut-être sa très large aire de dispersion.

Jassa Falcata fait partie d'un groupe d'Amphipodes volontiers nidicoles; le nid très particulier et volumineux édifié par cette espèce n'a, à notre connaissance, jamais été décrit. En mai 1950 nous avons pu prélever et examiner ces nids, fixés sur les balises au-dessous de la ligne de flottaison, mêlés à des Moules, des Balanes, des Gryphées, des Anomies, etc.

Ces nids se présentent comme des boudins cylindriques pouvant atteindre 5^{cm} de longueur sur $1^{cm},5$ de diamètre, fixés au support par une extrémité rétrécie en un court pédoncule. De couleur brun verdâtre, de consistance spongieuse, leur surface est fortement plissée, anfractueuse et percée de trous ayant jusqu'à 1 ou 2^{mm} de diamètre, aux rebords proéminents, et qui s'enfoncent dans l'intérieur du nid. Ces cavités sont au nombre de 200 ou 300 pour un nid de taille moyenne, et chacune donne abri à un individu dont on peut voir passer la tête et les appendices antérieurs, en position de chasse. Il peut en sortir ou s'y abriter complètement. Il y a au moins autant d'individus que de trous et chacun se trouve dans un trou à sa taille.

Ces nids renfermaient un grand nombre de femelles porteuses d'œufs, ou de jeunes déjà formés, pour lesquels il est certain que le nid constitue un excellent abri contre les prédateurs et l'action des courants (auxquels sont exposées les colonies fixées sur les carènes et sur les bouées amarrées dans les zones où les courants sont rapides). Notons que nous n'avons pu trouver aucun individu mâle dans ces nids.

A l'examen microscopique on constate que le nid de *Jassa Falcata* est constitué par une sécrétion membraneuse qui agglomère les filaments d'une algue verte (*Cladophora* ?), paraissant servir comme la trame d'un tissu et au milieu de laquelle l'amphipode ménage ses loges à bords muqueux. De fait, le nid est très résistant; sa surface est hérissée par l'extrémité des frondes filamenteuses de l'algue, surtout à l'extrémité libre et servant sans doute de base à l'édification de nouvelles loges par les jeunes.

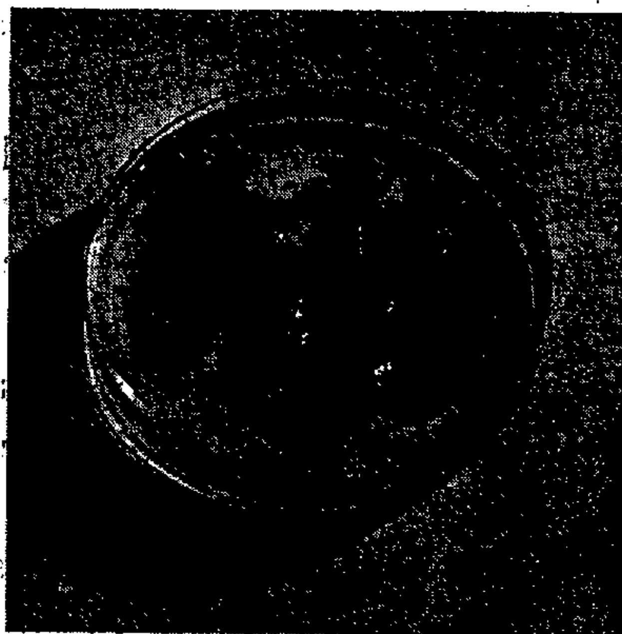
Le mucus agglomère également de fins éléments minéraux (quartz, etc.) et la surface du nid est recouverte de Diatomées en grand nombre (*Nitzschia*, *Navicula* sp., etc.). En outre, on y trouve quelques jeunes de moules et de gastéropodes cachés dans les anfractuosités de la surface.

Le fait que les balises porteuses de ces nids étaient immergées depuis

---

([3]) A la demande de la Commission de coordination des recherches sur la corrosion et les salissures marines.

plusieurs années permet de penser qu'ils constituaient des colonies déjà assez vieilles. Nous avons observé la même espèce sur la carène d'un chalutier à l'eau depuis moins d'un an : les nids, de petite taille, ne comportaient que quelques loges et étaient plaqués sur le support; ils renfermaient également des femelles ovigères.



Il serait intéressant de savoir si l'Amphipode constitue avec l'Algue une association habituelle, et si cette association présente, le cas échéant, un caractère cyclique ou permanent, l'Algue se trouvant peut-être nécessaire à la nidification de l'espèce.

Quoi qu'il en soit, le nid de *Jassa Falcata* peut être ajouté à la liste des *salissures* des objets immergés (*Marine growths* des auteurs anglais) au même titre que les nombreux organismes sessiles (Balanes, Ascidies, Algues, etc.) à la fixation desquels on cherche à s'opposer par des revêtements appropriés.

PHARMACODYNAMIE. — *Propriétés ganglionnaires paralysantes de divers iodoéthylates de diéthylaminoalcoxybenzène. Comparaison de l'iodoéthylate de diéthylaminopropoxybenzène et du bromure de tétraéthylammonium.* Note de Mlle **France Depierre** et M. **Joseph Jacob**, transmise par M. Jacques Tréfouël.

Dans des travaux antérieurs ([1]) nous avons montré que l'iodoéthylate de diéthylaminoéthoxybenzène (2512 F) est une substance synaptolytique au moins aussi active que le bromure de tétraéthylammonium (T. E. A. B.). Nous avons étendu ces recherches aux homologues supérieurs du 2512 F qui diffèrent de ce dernier par la longueur de la chaîne hydrocarbonée séparant le

---

([1]) F. Depierre, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 956; E. Bulbring et F. Depierre, *Brit. J. Pharmacol.*, 4, 1949, p. 22; J. Jacob et F. Depierre, *C. R. Soc. Biol.*, 113, 1949, p. 972; *Arch. Int. Pharmacodyn.*, 83, 1950, p. 1.

groupement $N(C_2H_5)_3I$ de la fonction phénolique. La synthèse de ces dérivés a été décrite par de Lestrange [2] et Peyron [3].

La comparaison des activités nicotiniques paralysantes de ces substances a été réalisée sur le Chien chloralosé et atropinisé en utilisant comme test l'abolition des hypertensions d'origine ganglionnaire (acétylcholinique et nicotinique), la persistance de l'hypertension périphérique (adrénalinique) étant chaque fois contrôlée. Les résultats de ces essais sont résumés dans le Tableau I où figurent également les doscs hypotensives minimales (Chien) et toxiques (Lapin).

Tableau I.

C_6H_5—O—$(CH_2)_n$—$N(C_2H_5)_3I$. — n.	Doses en mg/kg i. v. Abolition des hypertensions ganglionnaires (Chien).	Hypotension (Chien).	Toxicité (Lapin).
2	1–2	1–2	10
3	0,5	0,5	10
4	1	0,5–1	10
5	0,5–1	1–2	10
6	5	5–10	8
7	5–10	5–10	1,5
8	5	1–2	3,5

On y constate que l'activité ganglionnaire paralysante est maximale pour les termes en C_3, C_4 et C_5. D'une façon générale, le pouvoir hypotenseur évolue de la même façon, le terme en C_8 faisant exception ; la toxicité chez le Lapin, qui résulte vraisemblablement, et en partie tout au moins, d'une curarisation, est par contre plus élevée pour les termes supérieurs. Nous retrouvons donc ici la dissociation entre les actions curarisantes et nicotiniques paralysantes déjà signalée pour les éthers phénoliques de la triéthylcholine [1].

A la suite de ces essais, le terme en C_3(2651 CT) a été comparé de façon plus précise au T. E. A. B. dont on connaît les nombreuses applications cliniques. On voit sur le tableau II que le 2651 CT est un agent paralysant 2 à 4 fois plus actif que le T. E. A. B., ce rapport étant obtenu aussi bien chez le Chien (paralysie des ganglions vasomoteurs sympathique) que chez le Chat (paralysie du ganglion sympathique cervical supérieur).

Les propriétés cardiovasculaires du 2651 CT et du T. E. A. B. sont très semblables : les mêmes doses provoquent chez le Chien, des effets tensionnels de même intensité et de même durée et, selon la grandeur de la dose, une tachycardie modérée, puis une bradycardie sinusale, et enfin des altérations électrocardiographiques (déviation de ST, déformation de T).

---

[2] Y. de Lestrange, *Ann. Pharm. Fr.*, 6, 1948, p. 450.

[3] L. Peyron et J. Peyron, *Bull. Soc. Ch. Fr.* (sous presse).

Contrairement au T. E. A. B., le 2651 CT ne provoque pas de phénomène fibrillatoire au niveau des muscles striés; il est doué d'une activité curarisante modérée qui se traduit par l'arrêt de la respiration et l'interruption de la transmission sciatique gastrocnémien. Il ne contracture pas l'intestin isolé de Lapin et ne sensibilise pas la contracture histaminique de l'intestin isolé de Cobaye comme le fait le T. E. A. B. ([4]); au contraire, il relâche cet organe et s'oppose, à la concentration de 4.10^{-5}, aux contractures provoquées par l'histamine et le $BaCl_2$ et, à des concentrations plus faibles ($0,4$ à $1,5.10^{-5}$), à la contracture acétylcholinique; il se montre, avec ce dernier test, 10 à 20 fois plus actif que le T. E. A. B.

En conclusion, l'étude comparative des divers iodoéthylates de diéthylaminoalcoxybenzène montre que les termes en C_3, C_4 et C_5 sont les paralysants ganglionnaires les plus actifs de cette série. Le 2651 CT (iodoéthylate de diéthylaminopropoxy-benzène) est, sous ce rapport, supérieur au T. E. A. B. dont il partage les propriétés cardiovasculaires; il en diffère par l'absence de propriétés excitantes musculaires, une action spasmolytique plus intense et un pouvoir curarisant modéré; ce dernier apparaît pour des doses qui dépassent largement celles qui paralysent les ganglions.

Tableau II.

	2651 CT (*).	T.E.A.B.
Activité nicotinique paralysante (Chien)	0,5	1-2
Paralysie ganglionnaire (Chat)	2-3	5
Déformation de l'E. C. G. (Chien)	20	20
Arrêt respiratoire (Chien)	20	80
Curarisation (Chat)	20	> 50
Toxicité i. v. (Lapin)	10	> 50
Inhibition 50 % de la contracture acétylcholinique de l'intestin isolé de Lapin	$0,4-1,5.10^{-5}$	$1-2.10^{-4}$

(*) Les doses sont exprimées en mg/kg i. v. ou en concentrations pondérales (pour les expériences *in vitro*).

La séance est levée à 15h40m.

L. B.

([4]) D. A. Collins, *J. Pharmacol.*, 94, 1948, p. 244.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 SEPTEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** souhaite la bienvenue à M. **AVADHESH NARAYAN SINGH**, mathématicien et historien des Sciences, Doyen de la Faculté des Sciences de Lucknow, Hindoustan.

M. **ARNAUD DENJOY** s'exprime ainsi :

Du mercredi 30 août au mercredi 6 septembre, s'est tenu à l'Université Harvard un Congrès international des Mathématiciens. Le précédent avait eu lieu à Oslo en 1936. Ces assises du savoir mathématique se renouvelant avec une périodicité de quatre années, en vertu d'une règle établie pour les temps normaux, les États-Unis réalisaient, après une suspension de dix ans, l'attribution reçue pour 1940.

Un Comité américain avait assumé la charge de préparer, d'organiser et de diriger le Congrès. Plus de trente pays avaient envoyé des délégués mandatés. La Section de Géométrie, à l'exception de M. Élie Cartan, encore souffrant, et M. Chazy représentaient l'Académie. M. Borel et M. Montel renoncèrent à traverser l'Atlantique. L'affluence des Congressistes atteignit des proportions antérieurement inconnues. Environ 1 400 participants effectifs élevaient, avec des membres de leur famille, à 2 300 le nombre des personnes dont l'hébergement dans les locaux de la vieille Université posait des problèmes d'intendance difficiles, mais brillamment résolus. Les mathématiciens étrangers aux États-Unis étaient au nombre d'environ 300, dont une cinquantaine de Canadiens et une vingtaine de Français.

L'activité du Congrès était partagée en quatre divisions, désignées sous le nom de *Conférences*, à savoir : l'Algèbre, l'Analyse, les Mathématiques appliquées, la Topologie. A ces *Conférences* se rattachaient sept sections :

algèbre et théorie des nombres, analyse, géométrie et topologie; probabilité et statistique, etc.; physique mathématique et mathématiques appliquées; logique et philosophie; histoire et éducation. Notre illustre et vénéré doyen, M. Hadamard, s'était vu décerner la présidence d'honneur du Congrès, où l'accompagnaient deux autres chevronnés de la science, votre associé belge M. de la Vallée Poussin et votre correspondant italien M. Castelnuovo. Sur un plan plus modeste, la présidence d'honneur de la Conférence d'Analyse avait été attribuée à votre serviteur.

Il intéressera sans doute l'Académie de connaître l'importance de la participation française au Congrès.

A la cérémonie inaugurale, où M. Hadamard fut l'objet d'une vibrante ovation, il fut procédé à la proclamation des deux lauréats de la *Médaille Fields*, qui récompense les progrès les plus remarquables accomplis en mathématiques depuis le précédent Congrès. Avec le norvégien Selberg, théoricien des nombres, c'est notre jeune compatriote M. Laurent Schwartz qui fut distingué pour ses travaux sur les fonctions de distribution.

Sous le nom américain d'*addresses*, 21 exposés généraux destinés à des séances semi-plénières (parce que, faute de temps, le Congrès devait généralement se partager en deux auditoires simultanés) avaient été demandés par le Comité d'Organisation aux mathématiciens les plus qualifiés. Trois Français, MM. Henri Cartan, Laurent Schwartz et André Weil, ce dernier professeur à l'Université de Chicago, ont reçu cette invitation.

De leur côté, les Comités des *Conférences* dressèrent des programmes de séances, groupant plusieurs mises au point ou rapports relatifs à des sujets déterminés et assez vastes. 49 de ces présentations, généralement limitées à une demi-heure chacune, eurent lieu. Cinq d'entre elles furent demandées à des Français, MM. Leray, Lichnerovicz, Dieudonné, Godement et Ehresmann.

Enfin, 23 congressistes, dont nos compatriotes MM. Paul Lévy et Mandelbrojt, furent invités par les Présidents des sections à traiter des questions de leur choix dans la même borne de temps d'environ une demi-heure.

Les autres communications (je crois en avoir compté 416, sans garantir l'exactitude de mes chiffres) étaient réservées aux sections et réduites à une durée de 10 minutes. Les Français en ont donné 14; chacun de nous s'est fait entendre au moins une fois.

L'activité scientifique de ce Congrès, si on la mesure au nombre des sujets traités, a été visiblement d'une ampleur exceptionnelle. Tous les aspects modernes des mathématiques y ont été largement étudiés. Il convient de rendre hommage au mérite de ceux qui ont eu la responsabilité de ce succès, à l'état-major dont les chefs furent MM. Veblen, Garrett Birkhoff et le Président élu du Congrès, M. Marston Morse.

Un sentiment général de cordialité ne cessa de régner au cours du Congrès. Des rencontres paraissant impossibles il y a encore deux ans, furent

facilement admises. Le temps fait son œuvre. Maints griefs se prescrivent. Cependant nul représentant des pays de l'Europe orientale ne s'est rendu au Congrès. Cela est d'autant plus fâcheux qu'une part considérable des mathématiques actuelles s'est faite et ne cesse de s'élaborer dans ces pays.

Il est seulement venu de Moscou un message apportant les souhaits aimables de réussite pour le Congrès, avec les regrets des mathématiciens soviétiques de se trouver présentement trop occupés à leurs travaux pour pouvoir s'absenter de leur patrie.

Nous avons constaté avec tristesse le déclin marqué par la connaissance de notre langue à l'étranger. Pour des raisons tenant surtout au lieu choisi pour siège du Congrès, l'anglais était la langue maternelle ou nationale usuelle des neuf dixièmes des Congressistes. Mais quand ces derniers disposaient d'une seconde langue, celle-ci était rarement le français, et souvent l'espagnol, l'allemand. Pour ne pas perdre ou pour accroître l'effet de leurs paroles, certains connaissant l'anglais, lui ont sacrifié notre langue, même si elle était celle de leur patrie. En revanche divers européens, et particulièrement le célèbre finlandais Nevanlinna, dans une importante conférence, ont usé du français. Les principales raisons de l'effacement du français au Congrès d'Harvard ne subsisteront plus en 1954, au Congrès d'Amsterdam.

Ceci n'est pas moins grave ! Un Comité chargé de préparer l'Union mathématique internationale a décidé que les statuts de celle-ci seraient rédigés en anglais, à l'exclusion du français. Nous ne sommes pas seuls intéressés dans la question. Jusqu'à certains événements politiques récents, les mathématiciens polonais, tchécoslovaques, hongrois, bulgares, roumains, même russes, quand ils n'écrivaient pas dans leur langue, usaient souvent de la nôtre. Nous possédons peut-être encore là une position privilégiée que nous n'avons aucune raison d'abandonner sans la défendre. Cauchy, Darboux, Jordan, Poincaré, Picard, Hadamard, Painlevé, Cartan, Borel, Baire, Lebesgue, pour nous en tenir aux travaux du XIXe siècle, ont imposé leurs découvertes aux mathématiciens de tous les pays, sans que l'Union internationale existât et les aidât. Si nous et nos jeunes successeurs maintenons à son niveau antérieur l'originalité inventive de notre École française, nous n'aurons pas plus que nos aînés besoin de l'existence de cette Union. Nous n'avons à payer sa naissance d'aucune abdication. La rédaction des statuts de l'U. N. E. S. C. O. utilise concurremment le français et l'anglais. Notre langue a même été préférée pour fixer le règlement général des Unions scientifiques internationales relevant de cette même institution. Pourquoi l'effacement du français se produirait-il particulièrement à propos de l'Union mathématique? Nous n'en saisissons pas de raisons suffisantes.

GÉOMÉTRIE DES ENSEMBLES. — *Le véritable théorème de Vitali.*
Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Dans le théorème originel classique de Vitali, énoncé pour l'espace cartésien r-idimensionnel U_r, la conclusion fait simplement état de l'existence dans U_r de la mesure euclidienne borélienne, d'ordre r. Or les hypothèses invoquent en outre une seconde nature métrique de U_r, à savoir la propriété d'être distancié (et selon des modes très particuliers). Cette proposition complique un *véritable* théorème de Vitali échappant à cette critique, englobant le théorème originel, et vérifié dans des espaces très généraux.

Le théorème originellement énoncé par Vitali pour les ensembles plans, et qui se transpose immédiatement aux espaces cartésiens U_r d'un nombre quelconque r de dimensions, s'exprime ainsi, concernant l'espace U_3 :

Théorème originel de Vitali. — *Données* : Dans U_3, E est un ensemble de volume euclidien et borélien déterminé et positif. Tout point M de E est inclus dans des ensembles ouverts ω, dont chacun contient un ensemble fermé défini $\gamma = \gamma(\omega)$.

Hypothèses. — 1° Le *volume* $V(\gamma)$ surpasse une fraction fixe $hV(\omega)$ du *volume* $V(\omega)$, si $\gamma = \gamma(\omega)$, $h (0 < h < 1)$ étant indépendant de M et de ω.

2° Les ω contenant M ont pour plus petite limite de leur *dimension* le nombre zéro;

3° Les ω relatifs à un point M de E sont des *parallélépipèdes rectangles* ayant pour centre M et dont les *côtés* ont leurs *rapports mutuels* compris entre deux nombres positifs k et $1/k$, indépendants de M et de ω.

Conclusions. — Il existe dans la collection G des γ une famille dénombrable d'ensembles *disjoints* $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n, \ldots$ tels que, si Γ est leur réunion :

1° $E - E.\Gamma$ (ensemble des points de E étrangers à Γ) a le *volume* zéro;

2° $\Gamma - E.\Gamma$ a un *volume* inférieur à une quantité positive indépendante ε, préalablement donnée.

Cette proposition a joué un rôle considérable dans la théorie des fonctions de variables réelles, et son intérêt ne cesse pas de se manifester chaque jour davantage.

Mais, tel que Vitali et ses successeurs l'ont présenté, ce théorème a résisté à toutes les tentatives de le généraliser. Même pour l'espace cartésien $U_r (r \geqq 2)$, si l'on y remplace la mesure euclidienne d'ordre r d'un ensemble borélien E par une fonction d'ensemble $\varphi(E)$ non négative, complètement additive, par exemple bornée avec E, on se heurte à la difficulté de trouver des ensembles ouverts ω doués de propriétés rappelant celles des parallélépipèdes rectangles de U_3 caractérisés plus haut.

Le théorème originel de Vitali pour U_3 offre cette singularité frappante que, *les conclusions mettant uniquement en œuvre la notion du volume des ensembles, les hypothèses,* allant à contresens des conclusions, *ajoutent à la notion de volume celle de distance.*

J'appelle *véritable* théorème de Vitali, un énoncé où *l'espace* U *n'est pas astreint par les hypothèses à présenter une double nature métrique,* à savoir d'admettre d'abord, *comme l'exige la conclusion,* l'existence d'une fonction d'ensemble borélienne non négative $\varphi(E)$, et, *de surcroît, la propriété d'être distancié.* Voici une proposition de cette sorte.

UN VÉRITABLE THÉORÈME DE VITALI. — *Données* : Dans l'espace U *deux familles d'ensembles chacun à chacun associés,* à savoir : une famille G d'ensembles *fermés* $\gamma = \gamma(\omega)$, une famille P d'ensembles *ouverts* $\omega = \omega(\gamma)$; $\omega(\gamma)$ contient γ.

On considère l'ensemble H des points M de U *indéfiniment couverts par les ensembles* ω *de* P et RELATIVEMENT A LA MÉTRIQUE-φ.

Cette condition signifie qu'il existe dans P une suite d'ensembles ω_1, ω_2, ..., ω_n, ..., contenant tous M et *tels que* $\varphi(\omega_n)$ *tende vers zéro.*

La propriété de M n'exclut nullement le cas où, dans l'espace U_3 par exemple, l'ensemble d'accumulation des ω_n serait identique à U_3. Un ensemble ω peut être comme un poulpe ramifié en des tentacules illimitées en nombre et en dimension. Il n'y a là rien d'incompatible avec les conditions $\varphi(\omega) < \infty$, $\lim \varphi(\omega_n) = 0$, même si φ est le volume euclidien.

Il s'agit d'ensembles ω_n *infiniment petits du point de vue purement métrique-*φ, *et non pas d'un point de vue topologique distancié.*

HYPOTHÈSES. — 1° Il existe *deux nombres positifs a et b* $(1 < a < b)$ *indépendants de* γ *dans* G et tels que *la réunion* $\Omega(\gamma)$ *des* γ' *vérifiant :* $\varphi(\gamma') < a\varphi(\gamma)$ *et* $\omega(\gamma')$ *joint à* $\gamma[\omega(\gamma').\gamma \neq \emptyset]$ *satisfait à* $\varphi[\Omega(\gamma)] < b\varphi(\gamma)$.

Comme γ est évidemment l'un des γ', $\omega(\gamma) \subset \Omega(\gamma)$ et *par conséquent* $\varphi[\omega(\gamma)] < b\varphi(\gamma)$ [le rapport de la mesure de γ à celle de $\omega(\gamma)$ est borné inférieurement].

2° *Quel que soit* γ *dans* G, *l'ensemble des points étrangers à* γ *et indéfiniment couverts* (relativement à la métrique-φ) *par les* $\omega(\gamma')$ *joints à* γ *a la mesure-*φ *nulle.*

Soit $\rho = \rho(\gamma)$ cet ensemble : $\varphi(\rho) = 0$.

Quand M est étranger à $\rho + \gamma$, il existe un α positif (dépendant de M) tel que, si γ' vérifie les conditions : $M \in \omega(\gamma')$, $\varphi(\gamma') < \alpha$, il s'ensuit que $\omega(\gamma')$ est disjoint de γ. Les γ' existent en infinité, avec $\varphi(\gamma')$ tendant vers zéro, si M est en outre dans H, donc si M est dans l'ensemble $H(\gamma) = H - H.(\gamma + \rho)$. Soit $P(\gamma)$ la famille des $\omega(\gamma'')$ de P disjoints de γ, $G(\gamma)$ la famille des γ'' correspondants. $P(\gamma)$ couvre indéfiniment $H(\gamma)$ (relativement à la métrique-φ).

3° Tous les γ de la famille G sont contenus dans un ensemble ouvert D de mesure $\varphi(D)$ finie.

Les hypothèses du théorème originel de Vitali entraînent l'accomplissement des deux premières conditions précédentes quel que soit H [$\rho(\gamma)$ n'existe pas], et aussi celui de la troisième, avec $D \supset H$, $V(D) < V(H) + \varepsilon$, si $V(H)$ est fini. Si $V(H) = \infty$, on divise H en une infinité dénombrable de parties bornées.

CONCLUSION. — *L'ensemble* H, *abstraction faite éventuellement d'un ensemble de mesure-*φ *nulle, est couvert par une collection dénombrable d'ensembles fermés disjoints* γ_i *pris dans la famille* G.

La démonstration se fait immédiatement en suivant la voie indiquée par Banach.

Les γ de G étant dans D, et d'après $\varphi(D) < \infty$, les $\varphi(\gamma)$ ont un maximum fini μ_1. Dans G soit γ_1 vérifiant $\varphi(\gamma_1) > \mu_1/a$. Si $\varphi(H.\gamma_1) = \varphi(H)$, le théorème est vérifié. Supposons $\varphi(H.\gamma_1) < \varphi(H)$. Notons $\rho_1 = \rho(\gamma_1)$; $H_1 = H(\gamma_1) = H - H.(\gamma_1 + \rho_1)$, qui, d'après $o = \varphi(\rho_1) = \varphi(H.\rho_1)$, vérifie $o < \varphi(H_1) \leqq \varphi(H)$; $G_1 = G(\gamma_1)$; $P_1 = P(\gamma_1)$, famille des $\omega(\gamma)$ disjoints de γ_1, G_1 étant formé des γ correspondants. P_1 couvre indéfiniment H_1 (relativement à la métrique-φ). Évidemment, si γ est dans G_1, γ est disjoint de γ_1, puisque $\omega(\gamma)$ l'est lui-même.

Avec les familles G_1, P_1 et l'ensemble H_1 on procède comme on l'a fait avec G, P, H. On définit ainsi une suite d'ensembles de G, disjoints, $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n, \ldots$, suite finie si pour une valeur de n, $\varphi[H.(\gamma_1 + \ldots + \gamma_n)] = \varphi(H)$. Supposons la suite indéfinie. Posons, quel que soit n: $\rho_n = \rho(\gamma_n)$; $\Gamma_n = \gamma_1 + \ldots + \gamma_n$; $\Pi_n = \rho_1 + \ldots + \rho_n$, $H_{n+1} = H - H.\Gamma_n - H.\Pi_n = H_n - H_n.(\gamma_n + \rho_n)$. Soit G_{n+1} la famille G_n diminuée des γ tels que $\omega(\gamma)$ soit joint à γ_n; G_{n+1} est la famille G diminuée des γ tels que $\omega(\gamma)$ soit joint à Γ_n. Si P_{n+1} est la famille des $\omega(\gamma)$ correspondant aux γ de G_{n+1}, P_{n+1} couvre indéfiniment H_{n+1} (relativement à la métrique-φ). Tout γ de G_{n+1} est disjoint de Γ_n. Dans G_{n+1}, γ_{n+1} est tel que, pour tout γ de G_{n+1}, $\varphi(\gamma) < a\varphi(\gamma_{n+1})$.

Posons $\Gamma = \Sigma\gamma_n$, $\Pi = \Sigma\rho_n$; d'après $\varphi(\Gamma) = \Sigma\varphi(\gamma_n) \leqq \varphi(D)$, la série $\Sigma\varphi(\gamma_n)$ converge; *a fortiori*, $\varphi(\gamma_n)$ tend vers zéro. D'autre part $\varphi(\Pi) = o$. Posons $R = H - H.\Gamma$. La conclusion du théorème de Vitali est $\varphi(R) = o$.

Posons $R' = H - H.(\Gamma + \Pi)$. De $\varphi(H.\Pi) = o$ résulte $\varphi(R') = \varphi(R)$. Soit M un point de R'; M étant dans H, il y a une suite infinie de γ tels que $M \varepsilon \omega(\gamma)$ et $\varphi(\gamma)$ tende vers zéro; M étant dans R' est étranger à $(\gamma_i + \rho_i)$ quel que soit i; α_i positif existe (dépendant de M) tel que, si $M \varepsilon \omega(\gamma)$ et $\varphi(\gamma) < \alpha_i$, $\omega(\gamma)$ est disjoint de γ_i; η étant positif indépendant, N existe tel que $\sum_{n>N} \varphi(\gamma_n) < \eta$. Soient α le plus petit des α_i pour $i \leqq N$, et γ vérifiant $M \varepsilon \omega(\gamma)$ et $\varphi(\gamma) < \alpha$; γ est dans G_{N+1}; $\varphi(\gamma_n)$ tendant vers zéro, soit m tel que $a\varphi(\gamma_{m+1}) < \varphi(\gamma)$; γ n'est pas dans G_{m+1}. Donc $m \geqq N$ et, les G_n décroissant contrairement à n, il y a un i vérifiant $N \leqq i \leqq m$ tel que γ est dans G_i sans être dans G_{i+1}; $\omega(\gamma)$ est joint à γ_i (éventuellement $\gamma = \gamma_i$); $\omega(\gamma)$ est dans $\Omega(\gamma_i)$, donc dans $\Omega_N = \sum_{n>N} \Omega(\gamma_n)$; *a fortiori*, M est dans Ω_N; R' est dans Ω_N. Or, $\varphi(\Omega_N) \leqq \sum_{n>N} \varphi[\Omega(\gamma_n)] < b \sum_{n>N} \varphi(\gamma_n) < b\eta$; $\varphi(R') < b\eta$, quel que soit $\eta > o$; $\varphi(R') = o$, $\varphi(R) = o$ [1].

Observons que, d'après $\Gamma \subset D$, *les points étrangers à* D *et indéfiniment couverts* (relativement à la métrique-φ) *par la famille* $P = \Sigma\omega(\gamma)$ *forment un ensemble de mesure-*φ *nulle*.

---

(1) Je viens d'exposer pour la première fois cette théorie le 13 septembre 1950 à l'Université John Hopkins de Baltimore, dans le cycle des conférences Malaxa.

IMMUNOLOGIE. — *De l'action stimulante de diverses suspensions bactériennes formolées (anavaccins), sur l'immunité conférée par l'anatoxine tétanique. Étude expérimentale.* Note de MM. **Gaston Ramon**, **Rémy Richou**, **Jean-Pierre Thiéry**, **Claude Gerbeaux** et **Jean Leplatre**.

Dans de précédentes recherches (¹) nous avons montré que les suspensions formolées de *B. Abortus*, ajoutées à l'anatoxine tétanique, provoquent par rapport à l'anatoxine injectée seule, une augmentation plus ou moins importante, parfois considérable, de l'immunité antitétanique appréciée par la teneur en antitoxine spécifique du sérum des lapins traités de cette façon.

Au cours de nouveaux essais, nous avons recherché si d'autres germes, en particulier les *Salmonella*, le *Bacillus subtilis* et la *bactéridie charbonneuse* étaient capables de jouer eux aussi, le rôle de substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité.

Notre expérimentation a porté sur 35 lapins répartis en sept séries de chacune 5 lapins. Tous reçoivent une injection sous-cutanée de 1/6 de centimètre cube d'une anatoxine tétanique purifiée au moyen de l'acide trichloracétique et titrant 400 unités antigènes par centimètre cube, seule ou additionnée de diverses suspensions microbiennes, selon le protocole suivant :

Première série. — Anatoxine tétanique seule :
1/6 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 d'eau physiologique.
Deuxième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. Abortus :
1/6 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3} de suspension de *B. Abortus*.
Troisième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. Abortus :
1/6 de centimètre cube d'anatoxine + 2^{cm^3} de suspension de *B. Abortus*.
Quatrième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. Abortus :
1/6 de centimètre cube d'anatoxine + 3^{cm^3} de suspension de *B. Abortus*.

La suspension de *B. Abortus*, utilisée pour les séries 2, 3 et 4 était préparée à partir d'une culture de 48 heures de *B. Abortus* sur gélose (3^{cm^3} d'eau physiologique par tube de gélose inclinée), additionnée de 2 ‰ de formol et laissée à l'étuve à 37° pendant 4 jours.

Cinquième série. — Anatoxine tétanique + suspension de Salmonella :
1/6 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *Salmonella*.

La suspension de *Salmonella* utilisée était le mélange de quatre suspensions préparées séparément, de la même façon que la suspension de *B. Abortus*, à partir de cultures de 24 heures sur gélose de *S. Gallinarum, S. Pullorum, S. Typhimurium* et *S. Gärtner* : elles avaient été additionnées de 1,5 à 2,5 ‰ de formol et avaient séjourné à l'étuve à 37° pendant deux à quatre jours.

Sixième série. — Anatoxine tétanique + suspension de B. Subtilis :
1/6 de centimètre cube d'anatoxine + 1^{cm^3},5 de suspension de *B. Subtilis*.

La suspension de *B. subtilis* avait été préparée comme les suspensions de *B. Abortus* et de *Salmonella*.

(¹) G. Ramon, R. Richou, J. P. Thiery et C. Gerbeaux, *Revue d'Immunologie*, 1949, 13, p. 301; Consulter également, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1678; 229, 1949, p. 278.

Septième série. — Anatoxine tétanique + suspension de Bactéridies charbonneuses : 1/6 de centimètre cube d'anatoxine + $1^{cm^3},5$ de suspension de bactéridies charbonneuses. Une culture en bouillon-sérum de bactéridies charbonneuses (48 heures à l'étuve à 43°) était additionnée de 3°/₀₀ de formol et placée pendant quatre jours à l'étuve à 43°.

Presque tous les lapins, sauf ceux de la première série, présentèrent des nodules de la grosseur d'une lentille ou d'une cerise qui se résorbèrent lentement.

Une prise de sang fut effectuée, chez tous les lapins, 16 jours après l'injection d'antigène. Les sérums de chacune des séries de lapins furent réunis et le dosage de l'antitoxine spécifique fut pratiqué, à partir de chaque mélange, selon la technique courante. Les agglutinines spécifiques furent recherchées dans les sérums des lapins ayant reçu les suspensions de *B. Abortus* et de *Salmonella*.

Les résultats de ces dosages sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Antigène injecté.	Antitoxine tétanique (en unités internationales).	Taux des agglutinines.	
1. Anatoxine tétanique seule	+1/3 — 1	anti-*abortus*	0
		» *salmonella*	0
2. Anatoxine+suspension *B. abortus* (1^{cm^3}).	3	» *abortus*	1/500
3. » » *B. abortus* (2^{cm^3}).	+3 — 10	» *abortus*	1/1000
4. » » *B. abortus* (3^{cm^3}).	10	» *abortus*	1/2500
5. » » *Salmonella*	+3 — 10	» *S. gallinarum*	1/500
		» *S. pullorum*	1/333
		» *S. thyphimurium*	1/500
		» *S. Gärtner*	1/333
6. » » *B. subtilis*	3	—	
7. » » *bactéridies charbonneuses*.	+1 — 3	—	

A la lecture de ce tableau on constate que les suspensions bactériennes formolées, préparées à partir de microbes pathogènes (*Brucella*, *Salmonella*, bactéridies) ou saprophytes (*B. subtilis*), lorsqu'elles sont ajoutées à l'anatoxine tétanique, entraînent une augmentation plus ou moins grande de l'immunité que celle-ci est capable de conférer lorsqu'elle est injectée isolément.

Dans cette augmentation interviennent uniquement les phénomènes d'inflammation locale provoqués, à l'endroit d'injection du mélange d'anatoxine et de suspensions bactériennes formolées, par les corps microbiens car, et il faut insister sur ce point, ceux-ci ne fixent ni n'adsorbent l'anatoxine ([2]) contrairement à diverses substances telles que l'hydroxyde d'aluminium, l'alun, etc. Comme cela a été établi jadis par l'un de nous ([3]), les phénomènes inflamma-

([2]) *Voir* par exemple P. Mercier et L. Nicol. *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p. 710.

([3]) G. Ramon, *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 157; *Bull. Soc. Centr. Méd. Vét.*, **101**, 1925, p. 227 et 348 ; G. Ramon et Ch. Zoeller, *Ann. Inst. Pasteur*, **41**, 1927, p. 803.

toires locaux dus aux corps microbiens injectés en mélange avec l'anatoxine, tout en retenant partiellement celle-ci sur place, lui font subir des modifications plus ou moins profondes, l'organisme pouvant de cette façon, utiliser au mieux cet antigène pour l'établissement et le développement de l'immunité.

Ainsi est démontré, une fois de plus, le rôle de facteur adjuvant et stimulant de l'immunité antitoxique que peuvent jouer certains germes microbiens (4) (sous forme d'anavaccins) selon la méthode des *vaccins associés* mise en évidence il y a longtemps déjà (5) et depuis universellement employée, avec succès, dans la prévention des maladies infectieuses, chez l'Homme et chez les animaux domestiques (6).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Paléontologie marocaine. II. *Invertébrés de l'Ère primaire*, par Geneviève et Henri Termier. Fascicules 1, 2, 3, 4.

2° Maurice Daumas. *L'Élaboration du Traité de Chimie de Lavoisier.*

3° *Archivos Venezolanos de Nutricion.* Volume I, n° 1.

4° *Bulletin of the Tokyo Institute of Technology.* Series A, nos 1, 2, Series B, nos 1, 2.

5° *The science Reports of the Research Institutes Tohoku University*, Series A, Volume I, nos 1, 2.

6° *Reports of the Casting Research Laboratory*, n° 1 (Waseda University, Tokyo).

---

(4) Nous avons montré dernièrement (*Revue d'Immunologie*, 14, 1950, sous presse) que, par contre, d'autres germes, par exemple, les bacilles tuberculeux, sont incapables de jouer ce rôle du fait vraisemblablement de la qualité spéciale de l'inflammation locale qu'ils déterminent et de la nature des éléments inflammatoires, cellulaires ou autres, entrant en jeu, différents de ceux intervenant lors de l'emploi, par exemple, de l'anavaccin préparé par exemple à partir de *B. Abortus*.

(5) G. Ramon et Ch. Zoeller, *C. R. Soc. Biol.*, 94, 1926, p. 106.

(6) *Voir* pour plus de détails G. Ramon, *Le principe des anatoxines et ses applications*, Paris, 1950, Masson et Cie, éditeur.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Quelques modèles statistiques utiles pour l'étude du bruit de fond.* Note (*) de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Louis de Broglie.

Soient t_j des instants répartis suivant une distribution de Poisson. On donne un certain nombre de résultats relatifs à des fonctions aléatoires en général non stationnaires construites à partir des t_j. Ces fonctions aléatoires interviennent dans l'étude du bruit de fond.

Les t_j sont des instants aléatoires répartis suivant une distribution de Poisson de densité $\rho(t)$.

1. Soit $R(t)$ une fonction certaine (qui pourra représenter la réponse percussionnelle d'un amplificateur). Posons

$$x(t) = \sum_{(j)} R(t - t_j), \tag{1}$$

$$X(t) = x(t) - E\{x(t)\} \tag{2}$$

(E désigne l'espérance mathématique).

Pour l'effet de grenaille, x est la réponse de l'amplificateur à une suite de chocs égaux agissant aux instants t_j[1].

Théorème I [2]. — *Le spectre de la moyenne temporelle de la puissance* $E\{|X|\}$ [3] *est le même que si la distribution de Poisson avait une densité uniforme égale à la moyenne temporelle* ρ_t *de* $\rho(t)$.

$x(t)$ est donc la somme de la réponse de l'amplificateur au signal certain $\rho(t)$ et d'une composante aléatoire X qui a le même spectre de puissance que s'il s'agissait d'un effet de grenaille uniforme de densité ρ_t. Ce résultat est important dans l'étude du bruit dans les changeurs de fréquence [4]. Je l'avais déjà utilisé dans le cas particulier de l'amplification d'un courant photoélectrique dû à un flux lumineux modulé [5].

2. Soit A une variable aléatoire prenant les valeurs $+1$ et -1 avec équiprobabilité. A une distribution t_j et à une valeur de A, j'associe la fonction aléatoire $Z(t)$ de module 1 égale à A pour $t = -0$ et changeant de signe à

(*) Séance du 11 septembre 1950.

(1) *Voir*, par exemple : A. Blanc-Lapierre, *Thèse de Doctorat ès Sciences mathématiques*, Paris, 1945.

(2) Ce résultat vaut sous certaines conditions (toujours remplies en pratique) de régularité pour R et ρ et de décroissance à l'infini pour R.

(3) Blanc-Lapierre, *Le calcul des Probabilités et ses applications* (*Colloque du Centre national de la Recherche Scientifique*, Lyon, Juin-Juillet, 1948).

(4) C'est à la suite d'une intéressante conversation sur ce problème avec M. Kobilsky, professeur à l'Institut Radiotechnique de Buenos-Ayres, que j'ai eu l'idée d'établir ce théorème.

(5) A. Blanc-Lapierre, *Thèse de Doctorat ès Sciences physiques*, Paris 1944.

chaque instant t_j

(3) $$Z(t_j - 0) = Z(t_j) = -Z(t_j + 0).$$

Soient θ_1 et θ_2 deux instants quelconques [appelons respectivement θ' et θ'' le premier et le dernier de ces instants dans l'ordre chronologique]. Soient Z_1 et Z_2 les valeurs $Z(\theta_1)$ et $Z(\theta_2)$. Posons

(4) $$\alpha(\theta_1, \theta_2) = \int_{\theta'}^{\theta''} \rho(\theta)\, d\theta.$$

THÉORÈME II. — *La fonction caractéristique relative à l'ensemble* $Z_1 Z_2$ *est*

$$\Phi(u_1, u_2) + e^{-\alpha}\{\operatorname{ch}\alpha \cos(u_1 + u_2) + \operatorname{sh}\alpha \cos(u_1 - u_2)\}\ (^6).$$

La covariance de $Z(t)$ *est*

(6) $$\Gamma(t_1, t_2) = E\{Z(t_1)Z(t_1 - \tau)\} = e^{-2\alpha}.$$

Voici quelques résultats simples relatifs au *spectre :*

a. Si $\rho(t)$ *est une constante* ρ_0, la fonction de corrélation C et la densité $f(\nu)$ dans le spectre, sont

(7) $$c(\tau) = e^{-2\rho_0|\tau|} \quad \text{et} \quad f(\nu) = \frac{1}{\rho_0}\,\frac{1}{1 + \dfrac{\pi^2\nu^2}{\rho_0^2}}.$$

b. Si $\rho(t)$ *n'est pas constant,* il faut considérer le spectre de la moyenne temporelle de la puissanee $E\{Z^2\}$. On doit prendre pour fonction de corrélation la moyenne C_1 de Γ par rapport à t_1, τ étant constant.

THÉORÈME III. — *Si* $\rho(t)$ *est donné par*

(8) $$\rho(t) = \rho_0 + \rho_1 \cos\omega_0 t \qquad (\omega_0 = 2\pi\nu_0),$$

où ρ_0, ρ_1, ω_0 *sont des constantes positives* ($\rho_1 \leqq \rho_0$), *on a*

(9) $$c_1(\tau) = e^{-2\rho_0|\tau|}\, I_0\left\{\frac{4\rho_1}{\omega_0}\sin\frac{\omega_0\tau}{2}\right\}$$

(I_0 désigne la fonction de Bessel modifiée d'indice zéro)

(10) $$f(\nu) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \frac{B_k}{\rho_0}\,\frac{1}{1 + \dfrac{\pi^2(\nu - K\nu_0)^2}{\rho_0^2}},$$

avec

(11) $$B_k = \sum_{r=|k|}^{\infty} (-1)^{|k|}\left(\frac{\rho_1}{\omega}\right)^{2r}\frac{(2r)!}{r!\,r!}\,\frac{1}{(r-|k|)!\,(r+|k|)!},$$

où K *et* r *sont des entiers.*

---

(6) $Z(t)$ peut, dans une certaine mesure, servir de modèle pour l'étude approximative de certains effets de scintillation.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Démonstration géométrique des équations tensorielles du photon; complexité de la particule de spin égal à* 1. Note (*) de M. **Georges Bodiou**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous montrons qu'en choisissant, pour définir la symétrie sur un spineur, l'une des conventions possibles $\xi' = i\mathrm{AK}\xi$, dans la représentation de M. E. Cartan ([1]), et la correspondante $\psi' = -\mathrm{A}\psi$ dans la représentation Dirac-Neumann-de Broglie, les équations de Dirac expriment l'invariance du spineur d'onde ψ dans la symétrie par rapport à l'hyperplan perpendiculaire au vecteur unitaire P/imc; elles s'écrivent $-(\mathrm{P}/imc)\psi = \psi$.

Les tenseurs de décomposition du produit de deux spineurs ([1]) satisfont aux relations suivantes :

Le trivecteur multiplié par $-\varphi_0$ (qui avec notre convention de symétrie est un 4-vecteur) est égal à celui qui est engendré par le vecteur et le supplémentaire du bivecteur.

$-(\text{vecteur})^2 = (\text{trivecteur})^2 = -\varphi_0^2 + \varphi_{1234}^2$; et $-(\text{bivecteur})^2 = \varphi_0^2 + \varphi_{1234}^2$ où φ_{1234} est le scalaire [et non un 4-vecteur comme dans ([2])]

Si donc deux spineurs sont invariants dans une même symétrie : celle par rapport à l'hyperplan perpendiculaire au vecteur unitaire P/imc, les tenseurs de décomposition de leur produit satisfont aux conditions géométriques suivantes :

Le 4-vecteur φ_0, devant être à la fois invariant et changé de signe est nécessairement nul $\varphi_0 = 0(\mathrm{NM}\,4')$.

Le vecteur φ_μ, étant invariant, est dans l'hyperplan de symétrie, donc orthogonal au vecteur P, $p_\mu\,\varphi_\mu = 0(\mathrm{M}\,4)$.

Le trivecteur, étant invariant, son vecteur supplémentaire subit le changement de signe de toutes ses composantes, ce vecteur supplémentaire est donc perpendiculaire à l'hyperplan de symétrie, donc colinéaire au vecteur unitaire P/imc; $\varphi_{[\nu\rho\sigma]} = (k/imc)p_\mu$; k se déduit de la longueur du trivecteur $k = \varphi_{[1234]}$ d'où l'équation $p_\mu\,\varphi_{[\mu\nu\rho\sigma]} = imc\,\varphi_{[\nu\rho\sigma]}(\mathrm{NM}\,1)$.

Le bivecteur $\varphi_{[\mu\nu]}$ de M. L. de Broglie n'est pas le bivecteur extrait du produit, mais son supplémentaire; il subit donc le changement de signes de toutes ses composantes; on en conclut que son biplan contient le vecteur P/imc. Par ailleurs, l'annulation de φ_0 et les relations démontrées entraînent que le trivecteur engendré par le vecteur φ_μ et le bivecteur $\varphi_{[\mu\nu]}$ est nul; le vecteur φ_μ appartient donc, lui aussi, au biplan du bivecteur $\varphi_{[\mu\nu]}$. Le biplan de $\varphi_{[\mu\nu]}$ est

---

(*) Séance du 11 septembre 1950.

(1) E. Cartan, *Leçons sur la théorie des spineurs*.

(2) L. de Broglie, *Particules à spin*, chap. VII.

donc engendré par les deux vecteurs P/imc et φ_μ et l'on a

$$k\varphi_{[\mu\nu]} = \frac{p_\mu}{imc}\varphi_\nu - \frac{p_\nu}{imc}\varphi_\mu.$$

Le carré du bivecteur du second membre est égal au produit des carrés des vecteurs orthogonaux P/imc et φ_μ qui l'engendrent; on en déduit $k = 1$, d'où

(M 2) $$p_\mu\varphi_\nu - p_\nu\varphi_\mu = imc\varphi_{[\mu\nu]}.$$

On déduit immédiatement de cette équation les suivantes :

(M 3) $$p_\mu\varphi_{[\nu\rho]} + p_\nu\varphi_{[\rho\mu]} + p_\rho\varphi_{[\mu\nu]} = 0$$

et

(M 1) $$\sum_\mu p_\mu\varphi_{[\mu\nu]} = imc\varphi_\nu.$$

Enfin la colinéarité du vecteur supplémentaire du trivecteur extrait du produit et du vecteur P/imc permet d'écrire que leur produit scalaire est égal à la longueur du premier, ce qui conduit à :

(NM 3) $$p_\mu\varphi_{[\nu\rho\sigma]} + p_\nu\varphi_{[\rho\sigma\mu]} + p_\rho\varphi_{[\sigma\mu\nu]} + p_\sigma\varphi_{[\mu\nu\rho]} = imc\varphi_{[\mu\nu\rho\sigma]}.$$

On reconnaît, dans les équations obtenues, le système des équations maxwelliennes (M), et non maxwelliennes (NM), de M. L. de Broglie ([2]) à l'ondulisation près : $p_\mu = (-h/2\pi i)(\partial/\partial q_\mu)$.

On voit aussi l'intérêt qu'il y a à préciser comment l'onde matricielle du photon $[\psi_{ik}]$ se rattache aux produits de spineurs, au moins à l'approximation géométrique. Par hypothèse ([2]) ψ_{ik} est un tenseur dont la loi de transformation est la même que si l'on avait : $\psi_{ik} = \psi_i\psi'_k$.

Le produit de deux spineurs se décomposant en cinq tenseurs irréductibles : scalaire, vecteur, bivecteur, trivecteur, 4-vecteur, liés par certaines relations, la matrice $[\psi_{ik}]$ équivaut à un ensemble analogue mais dont les éléments sont *a priori* indépendants; nous cherchons quelle condition il faut lui imposer pour qu'elle admette une décomposition tensorielle de la forme $\psi_{ik} = \psi_i\varphi_k + \psi'_i\varphi'_k$.

Une condition nécessaire et suffisante est que la matrice $[\Psi_{ik}]$ soit du deuxième rang; ceci équivaut à dire qu'il existe deux matrices du quatrième ordre, de carré égal à un

$$A = \begin{vmatrix} \cdot & \alpha \\ \beta & \cdot \end{vmatrix} \quad \text{et} \quad B = \begin{vmatrix} \cdot & \alpha' \\ \beta' & \cdot \end{vmatrix}$$

telles que $A[\Psi_{ik}] = [\Psi_{ik}]$ et $[\Psi_{ik}]\tilde{B} = [\Psi_{ik}]$, c'est-à-dire que $[\Psi_{ik}]$ satisfait à des équations du type de celles que M. L. de Broglie a imposées au photon. Les matrices, à quatre lignes et une colonne, $[\psi_i]$, $[\psi'_i]$, $[\varphi_k]$, $[\varphi'_k]$ doivent satisfaire aux conditions spinorielles du type de Dirac

$$A[\psi_i] = [\psi_i]; \quad A[\psi'_i] = [\psi'_i]; \quad B[\varphi_i] = [\varphi_i]; \quad B[\varphi'_i] = [\varphi'_i].$$

Les équations du photon de M. L. de Broglie sont donc des conditions nécessaires et suffisantes, à l'approximation géométrique, pour que l'onde matricielle $[\Psi_{ik}]$ du photon se décompose en $\Psi_{ik} = \psi_i \varphi_k + \psi'_i \varphi'_k$, $[\psi_i]$ et $[\psi'_i]$ d'une part, $[\varphi_k]$ et $[\varphi'_k]$ d'autre part, étant des solutions d'une même équation de Dirac; les tenseurs maxwelliens et non maxwelliens sont alors des sommes de deux termes dont chacun satisfait aux équations géométriques démontrées plus haut, qui comprennent celles de l'électromagnétisme classique, leur somme y satisfait donc. Ces équations du photon sont, en ce sens, équivalentes à l'hypothèse que le photon est une particule complexe formée de deux corpuscules de Dirac, les grandeurs tensorielles étant liées à des transitions de chacun d'eux de l'un de ses états à un autre.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur le calcul des courants induits dans une sphère pleine. Self propre et mutuelle inductance avec un solénoïde indéfini.* Note (*) de M. **Antoine Colombani**, présentée par M. Gustave Ribaud.

J'ai exposé dans de récentes publications [1] les résultats intéressants auxquels conduit l'étude des courants induits dans une pellicule métallique sphérique d'épaisseur e et de conductibilité γ placée dans un champ magnétique périodique et uniforme :

$$H = H_0 \cos\omega t.$$

Je donne brièvement ici ceux qui concernent le cas d'une sphère métallique pleine de rayon a.

Toujours en régime quasi stationnaire et dans le système de coordonnées sphériques r, θ, φ, considérons les équations déjà obtenues dans le cas de la pellicule. Les champs intérieurs sont :

$$H_{\theta_1} = -H_0 \sin\theta\left[\cos\omega t + \frac{1}{2}\cos\chi\cos(\omega t + \chi)\right] \quad \text{pour le champ magnétique tangentiel,}$$

$$h_{\varphi_1} = -\frac{H_0}{2}\omega a \sin\theta[\sin\omega t - \cos\chi \sin(\omega t + \chi)] \quad \text{pour le champ électrique,}$$

avec

$$\operatorname{tg}\chi = \frac{3\varepsilon^2}{2ae}, \qquad \varepsilon = (2\pi\mu\omega\gamma)^{-\frac{1}{2}}.$$

Il suffit évidemment, pour passer du cas précédemment étudié à celui de la sphère pleine pour une profondeur de pénétration très faible devant le rayon a, de poser $\operatorname{tg}\chi = 0$ en première approximation.

(*) Séance du 11 septembre 1950.

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1149; **230**, 1950, p. 2158-2160.

D'où

$$H_{\theta_1} = -\frac{3}{2} H_0 \sin\theta \quad \text{et} \quad h_{\varphi_1} = 0.$$

Le champ électrique total extérieur est

$$h_{\varphi_1} = -H_0 \frac{\omega r}{2} \sin\theta \left[\sin\omega t - \frac{a^3}{r^3} \cos\chi \sin(\omega t + \chi) \right].$$

Pour $\cos\chi = 1$ on en déduit donc que le champ électrique créé par les courants induits à travers le solénoïde est

$$h_{\varphi_i} = -H_0 \frac{\omega a^3}{2r^2} \sin\theta \sin\omega t.$$

La f. é. m. induite dans le solénoïde de rayon b portant n spires au centimètre est

$$e_s = 2\pi n b \int_{+\infty}^{-\infty} h_{\varphi_i}\, dz = 2\pi n j \omega a^3 H_0 = j 8\pi^2 n^2 \omega a^3 I_0, \quad \text{avec} \quad H_0 = 4\pi n I_0.$$

Du fait de notre approximation e_s est purement imaginaire. On en déduit la variation de self du primaire : $L_1 = 8\pi^2 n^2 a^3$.

Mais il existe évidemment dans la f. é. m. induite une partie réelle correspondant à la puissance dissipée par courants de Foucault. On obtient celle-ci en calculant la valeur moyenne du flux du vecteur de Poynting sur la surface extérieure de la sphère

$$W = \iint \frac{1}{4\pi} H_\theta \Lambda h_\varphi\, dS, \quad \text{avec} \quad H_\theta = -\frac{3}{2} H_0 \sin\theta \quad \text{et} \quad h_\varphi = -\frac{3}{8\pi\gamma\varepsilon} H_0 \sin\theta.$$

On obtient h_φ en remarquant que pour une fréquence infinie la densité superficielle i_s et H_θ satisfont pour $r = a$ à la relation $4\pi i_s = H_\theta$. D'où

$$i_s = -\frac{3}{8\pi\gamma} H_0 \sin\theta.$$

Si l'on considère alors une fréquence *très élevée mais finie* on peut poser $i = i_s/\varepsilon$, i désignant une densité de courant uniforme dans la couche d'épaisseur ε. D'où $h_\varphi = i_s/\gamma\varepsilon$. Tous calculs faits, on trouve $W = 3a^2 H_0^2/16\pi\gamma\varepsilon$. D'où l'augmentation de résistance du primaire $R_1 = 6\pi a^2 n^2/\gamma\varepsilon$ et un facteur de surtension $s_1 = L_1\omega/R_1 = 2a/3\varepsilon$.

La connaissance de l'intensité totale induite qui est $I_i = \iint_\Sigma i\, d\Sigma = 3a H_0/4\pi$ (avec $d\Sigma = a\varepsilon\, d\theta$) et de W permet le calcul de la résistance propre de la couche sphérique occupée par le courant $1/2\, \mathcal{R} I_i^2 = W$. D'où $\mathcal{R} = 2\pi/3\gamma\varepsilon$. De même pour la self propre $\mathcal{L}\omega I_i^2 = e_s I_0$. D'où $\mathcal{L} = 8\pi^2 a/9$. On en déduit le coefficient $s = \mathcal{L}\omega/\mathcal{R} = 2a/3\varepsilon$ égal à celui du primaire. (Dans le cas de la sphère creuse, nous avons vu que l'égalité $s = s_1$ n'avait lieu que pour la valeur optima $e = 3\varepsilon^2/2a$).

Enfin, le coefficient d'induction mutuelle s'obtient par la relation

$$e_s = -j\mathrm{M}\omega\mathrm{I}_i,$$

ce qui donne $\mathrm{M} = 8\pi^2 na^2/3$.

Dans le cas de la pellicule métallique sphérique, nous avons trouvé

$$\mathrm{M} = \frac{8}{3}\pi^2 na^2 \left[1 + \frac{9\varepsilon^4}{4a^2e^2}\right]^{\frac{1}{2}}, \quad \text{soit} \quad \frac{8}{3}\sqrt{2}\pi^2 na^2 \quad \text{à l'optima.}$$

Remarque. — On peut aboutir à ces résultats en posant ω très grand dans les formules générales donnant les champs intérieurs et extérieurs à la sphère ([2]). Mais les calculs sont infiniment plus longs et ne présentent pas l'originalité et la simplicité de ceux qui se déduisent de nos équations sur la pellicule sphérique.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Courbe de Rossi pour les gerbes abondantes.* Note (*) de MM. **Guy Carmouze** et **Jean Daudin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

I. Tandis que les gerbes nucléaires peuvent donner naissance à de nombreuses particules dans un seul noyau, les gerbes cascades se développent progressivement et Arley a montré que les gerbes à plus de 4 ou 5 trajectoires ne pouvaient apparaître que pour des épaisseurs de l'ordre de l'unité de radiation. Les gerbes abondantes sous écran mince observées parfois à la chambre de Wilson ont donc plus de chance d'être nucléaires que les gerbes ordinaires.

II. Mais le tracé de la courbe de Rossi pour des écrans minces est rendu obscur par les gerbes de l'air qui constituent un fond même sans écran.

Nous avons donc utilisé 6 compteurs (*fig.* 1) qui ne peuvent être actionnés ensemble par une gerbe issue de l'écran E que si elle compte au moins 4 ou 5 trajectoires. Les 6 compteurs étaient munis chacun d'une lampe amplificatrice et groupés par paires et l'on enregistrait les coïncidences triples entre les 3 paires de compteurs. Un banc de 14 compteurs à 2 mètres décelait les événements appartenant aux gerbes de l'air. Le nombre de compteurs n'est pas critique et pour un écran de 8^{mm} un banc de 6 compteurs au lieu de 14 indique le même nombre de gerbes de l'air à l'erreur statistique près (8 %). Le groupe était placé à l'air libre dans une petite tente suspendue à 2 mètres au-dessus de la terrasse de l'Observatoire du Pic du Midi (2860^{m}).

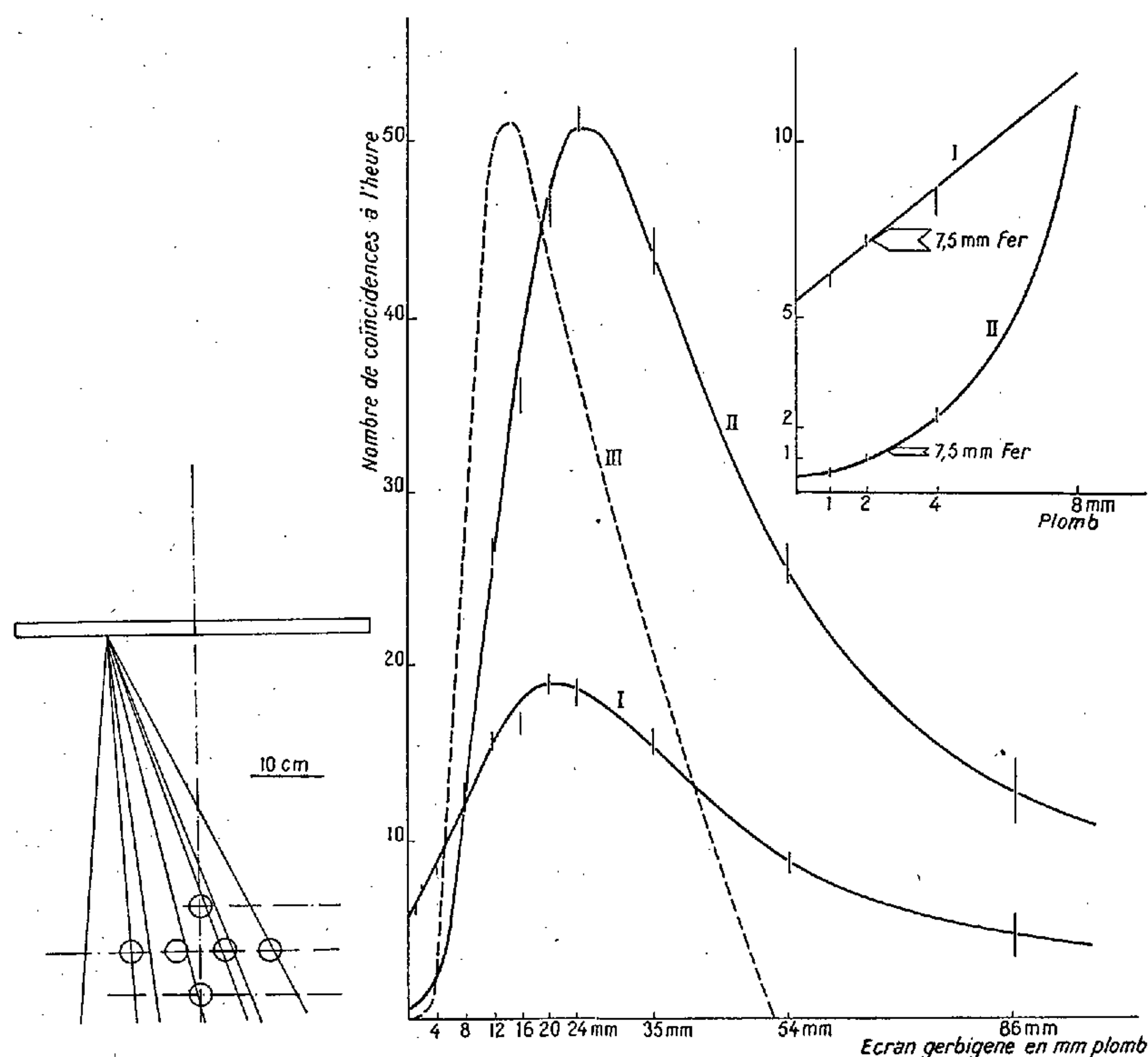
III. Sur la figure 2 et le tableau I on voit comment varient les coïncidences associées et non associées aux gerbes d'Auger.

([2]) *Journal de Physique*, 11, 1950, p. 201.

(*) Séance du 3 juillet 1950.

a. Le fond sans écran dû aux gerbes de l'air est celui prévu par la loi de variation en densité $\Delta^{-\gamma}$ pour cinq compteurs indépendants.

b. Le fond dû aux gerbes de l'air n'est pas constant mais croît d'un facteur 4 entre 0 et 24^{mm} de plomb. La courbe de Rossi ordinaire est donc faussée par les gerbes de l'air non seulement parce qu'elle a une ordonnée à l'origine considérable, mais encore parce qu'elle est affectée d'une pente à l'origine contrairement à la théorie. Cette pente est due à l'augmentation de la densité moyenne des gerbes de l'air sous le plomb (photons).



c. La courbe de Rossi (II) sans les gerbes de l'air est plus belle. Le maximum est 100 fois plus élevé que le fond sans écran.

La courbe part avec une tangente horizontale. Le 1/10 de l'amplitude maximum est atteint pour un écran égal au 1/4 de celui qui donne le maximum comme dans la théorie d'Arley (courbe III).

Avec $7^{mm},5$ de fer on obtient des fréquences indiquées par des flèches. Cet écran équivaut à $2^{mm},2$ de plomb; le rapport est le même que celui des longueurs caractéristiques pour le fer et le plomb ($1^{cm},26$ et $0^{cm},358$). En effet l'ionisation est négligeable pour des écrans très minces.

Le désaccord entre les courbes II et III provient de ce que Arley a négligé la variation de la section efficace de matérialisation des photons avec l'énergie (Belenky Clementel Nordheim).

L'absorption après le maximum paraît semblable pour les courbes I et II et suggère que le rayonnement est de même nature dans les grandes gerbes et les gerbes isolées. Les courbes VI et VII tracées par Auger, Maze, Ehrenfest et Fréon (*Journal de Physique*, **10**, 1939, p. 8) montrent que cette similitude pourrait s'altérer en écrans épais.

TABLEAU I.

Écran en millimètres de plomb...	0^{mm}.	1^{mm}.	2^{mm}.	7^{mm},5 Fer.	4^{mm}.	8^{mm}.	12^{mm}.
Gerbes associées aux gerbes de l'air corrigées à 540 mm Hg.........	$1443/269^{h}5$	$1177/192^{h}$	$1143/159^{h}$	$673/94^{h}7$	$418/50^{h}5$	$880/70^{h}4$	$675/43^{h}$
	5,4±0,15	6,1±0,2	7,2±0,2	7,1±0,3	8,3±0,4	12,5±0,4	15,6±0
Écran en millimètres de plomb...	16^{mm}.	20^{mm}.	24^{mm}.	35^{mm}.	54^{mm}.	86^{mm}.	
Gerbes associées aux gerbes de l'air corrigées à 540 mm Hg.........	$554/33^{h}2$	$872/45^{h}9$	$582/31^{h}8$	$352/22^{h}4$	$186/20^{h}7$	$19/4^{h}$	
	16,4±0,7	19,0±0,6	18,4±0,8	15,8±0,9	9,0±0,6	4,6±1	
Écran en millimètres de plomb...	0^{mm}.	1^{mm}.	2^{mm}.	7^{mm},5 Fer.	4^{mm}.	8^{mm}.	12^{mm}.
Gerbes non associées aux gerbes de l'air sans correction bar.........	$121/268^{h}$	$115/184^{h}4$	$231/226^{h}8$	$114/94^{h}7$	$109/49^{h}4$	$750/69^{h}4$	1106/41
	0,45±0,04	0,63±0,06	1,02±0,07	1,02±0,11	2,21±0,22	10,8±0,4	26,6±0
Écran en millimètres de plomb...	16^{mm}.	20^{mm}.	24^{mm}.	35^{mm}.	54^{mm}.	86^{mm}.	
Gerbes non associées aux gerbes de l'air sans correction bar.........	$1121/31^{h}7$	$2056/44^{h}2$	$1614/30^{h}3$	$893/20^{h}3$	$491/18^{h}4$	$49/3^{h}40$	
	35,4±1	46,5±1	53±1,5	43,8±1,5	26,6±1,1	13,3±2	

Conclusion. — Les gerbes enregistrées par ce dispositif présentent des propriétés qui paraissent en excellent accord avec la théorie des cascades. Il reste à voir si cet accord subsistera aux très petits angles d'ouverture, les gerbes nucléaires relativistes étant ordinairement serrées.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Observations sur les discontinuités d'émission* K *de l'aluminiun et du magnésium dans des alliages dilués.* Note de Mlle **YVETTE CAUCHOIS**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres X des métaux mettent en évidence les deux demi-bandes contigües, respectivement occupée et inoccupée, des états d'énergie permis pour les électrons de conductibilité [1]. Chaque spectre d'émission montre une bande (par exemple Kβ de Al ou Mg) dont le bord net vers les grandes énergies correspond à la limite abrupte entre les états occupés et inoccupés. Cette discontinuité d'émission semble caractéristique de l'état métallique. Elle peut être masquée par des satellites. Sa largeur dépend de la largeur du niveau X en jeu et, faiblement, de la température. Mais on comprend mal comment elle s'effacerait par dilution d'un métal pur dans d'autres métaux comme cependant, l'ont annoncé plusieurs auteurs : S. Yoshida [2] sur le spectre K d'alliages Al — Cu à teneurs décroissantes jusqu'à 10 % atomique

(1) *Voir* Y. CAUCHOIS, *Les spectres de rayons X et la structure électronique de la matière.* Paris, 1948.

(2) *Scient. Pap. Inst. Phys. Chem. Res.*, **28**, 1936, p. 243.

de Al; J. Farineau (³) dans le même cas (jusqu'à 19 %) et pour Al dans Ni (jusqu'à 18 %); W. B. Skinner et J. E. Johnston (⁴) pour K de Be à 2 et 1 % dans Al. Ces derniers auteurs ont aussi analysé l'émission L de Al à 25 et 5 % dans Cu et conclu que le bord net a disparu à 5 %; mais ils font remarquer que la superposition de l'émission M du cuivre gêne les observations et trouvent que l'émission K du béryllium dans le cuivre montre encore la discontinuité à 3 et même 1 %.

J'ai repris la question pour $K\beta$ de Al et de Mg, à l'aide d'un spectrographe à vide équipé avec micas et gypses courbés sous 25^{cm} de rayon (⁵). Les micas utilisés en second ordre donnent une dispersion d'environ 4,6 eV/mm pour Al et 1,6 pour Mg; mais ils contiennent de l'aluminium et du magnésium; il est bon de contrôler les résultats qu'ils fournissent à l'aide de gypses; la dispersion pour le premier ordre, seul observable, tombe alors à environ 18 eV pour Al, sur plaque normale à la direction moyenne du faisceau. La fenêtre du tube, généralement en aluminium de $0^{\mu},5$ à 1^{μ} d'épaisseur, est remplacée, pour la recherche de la discontinuité de ce métal, par une fenêtre exempte d'aluminium; n'ayant pu trouver de feuilles de béryllium assez minces, j'ai préparé des fenêtres en ailes de papillon de 0,3 mg/cm² et d'autres en lithium de $0^{mm},01$. Voici les résultats obtenus. Le vide doit être très poussé, la surface émissive suffisamment grande et maintenue très propre par nettoyages en cours de pose.

$K\beta$ *de* Al *dans* Cu_9Al (⁶) apparaît comme un doublet (²) à la place de la bande unique de Al pur. La composante de grande fréquence présente une discontinuité qui, à la précision des mesures, coïncide avec celle de Al pur. Sa largeur brute sur mes clichés ne dépasse pas 2 eV. Il m'est impossible de dire si la largeur totale vraie est supérieure à cette largeur apparente qui est très inférieure à celle de la bande de conductibilité du cuivre [probablement environ 5 eV (⁷) contre 11 pour Al pur]. La composante de grande longueur d'onde, plus intense, plus large, apparemment symétrique, a son maximum à environ 5 eV de la discontinuité, vers 7960 *ux*; elle ne semble pas due à de l'oxyde qui donne une bande du même genre, mais avec maximum à 7970 *ux*; ni à une autre phase d'alliage, puisqu'elle ne montre pas de bord net.

$K\beta$ *de* Mg *dans des alliages d'aluminium* est une bande large, simple, à bord net, avec des alliages binaires à 10,2, 6,7, 5,6, 3,0 et 1,5 % de Mg (⁸) et avec

(³) *Journ. de Phys.*, S. VII, X, 1939, p. 327.

(⁴) *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 34, 1938, p. 109.

(⁵) Y. Cauchois, *Journ. de Phys.*, S. VIII, VI, 1945, p. 89.

(⁶) Préparé pour nous par la Société Alais, Froges et Camargue.

(⁷) Y. Cauchois, résultats non publiés.

(⁸) Ces échantillons ont été préparés pour nous par les *Tréfileries et laminoirs du Havre*.

deux autres échantillons (⁹) à 2 % Mg et à 1,45 % Mg plus 4,2 % Cu avec traces de Fe et Si. Les discontinuités ont même position que celle de Mg pur, à la précision des observations; mais la distribution de l'intensité dans les bandes paraît modifiée. Dans le seul cas d'un alliage (⁹) à 0,95 % Mg avec 1,85 % Si, la bande à bord abrupt est remplacée par une bande sans discontinuité, déplacée vers les grandes ondes. Il s'agit de la plus petite concentration en Mg que j'aie étudiée. Or, l'amélioration de la technique expérimentale m'a permis d'observer les discontinuités qui n'apparaissaient pas sur mes premiers clichés à 2 et 1,5 %. Il me semble cependant que les observations actuelles sur l'alliage à 0,95 % sont correctes. Elles s'expliquent si Mg et Si forment un composé défini au sein de Al.

A cette seule exception près, les alliages étudiés montrent tous la discontinuité d'émission K de Al ou Mg, caractéristique du métal. Dans tous ces cas, la position de la discontinuité n'est pas modifiée par l'alliage. Il serait intéressant de suivre la variation de la conductibilité dans ces alliages dilués.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Étude microradiographique des contours de grains de l'aluminium pur et de la solution solide aluminium-zinc au cours de leur fusion commençante.* Note (*) de MM. **Aurel Berghézan**, **Paul Lacombe** et **Georges Chaudron**, transmise par M. Albert Portevin.

Nous avons déjà montré (¹) que le métal constituant le contour des grains de l'aluminium raffiné à 99,99 % de pureté possède une température de fusion légèrement inférieure à celle de la masse des cristaux. Ce comportement particulier des contours de grains, confirmé récemment par W. J. Pumphrey et J. V. Lyons (²) est en accord avec la théorie suivant laquelle la structure du contour de grain est constituée par un réseau de transition dont la largeur et les imperfections dépendent de l'orientation relative des cristaux contigus.

Nous avons utilisé pour cette étude les techniques de la microradiométallographie préconisées par M. J. J. Trillat et Fournier (³) en choisissant des échantillons à cristallisation grossière dont les joints soient perpendiculaires à la surface; ceci nous a permis d'augmenter l'épaisseur de la préparation (100-200 μ) et d'améliorer ainsi le constraste.

L'examen microradiographique d'un échantillon polycristallin d'aluminium pur soumis à un début de fusion apporte des arguments supplémentaires à ce point de vue. La microradiographie montre que le contour de grain après fusion est matérialisé par une succession de canaux creux de section circulaire

(⁹) Ces échantillons m'ont été donnés par M. A. Guinier.

(*) Séance du 16 août 1950.

(¹) G. Chaudron, P. Lacombe et N. Yannaquis, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1372.

(²) *Nature*, 163, nº 4155, 1949, p. 960.

(³) *Revue scientifique*, nº 4, avril (1940).

disposés perpendiculairement à la surface libre de l'échantillon. Ces canaux apparaissent sous forme de points noirs alignés sur la microradiographie (*fig.* 1). Ceci indique que la fusion du contour de grain n'a pas lieu simultanément en tous ses points, mais suivant des régions localisées qui correspondent vraisemblablement aux régions les plus perturbées de la structure de transition. Cette fusion disconstinue est à rapprocher du fait que l'attaque des contours de grains de l'aluminium par l'acide chlorhydrique débute par la formation de piqûres localisées ([4]).

Dans le cas de la solution solide aluminium-zinc, la fusion de l'alliage débute également par celle des contours de grains. La microradiographie (*fig.* 2) montre que ce début de fusion conduit à un enrichissement en zinc du contour de grain vraisemblablement supérieur à la teneur du liquidus correspondant à la température de fusion commençante de l'alliage. Le début de fusion de l'alliage provoque donc une brutale diffusion des atomes de zinc à la périphérie des cristaux. Le phénomène est réversible : un chauffage prolongé au-dessous du solidus provoque une remise en solution progressive du zinc (*fig.* 3), cependant que les fissures de décohésion intercristalline apparaissant en noir sur les microradiographies restent inaltérées.

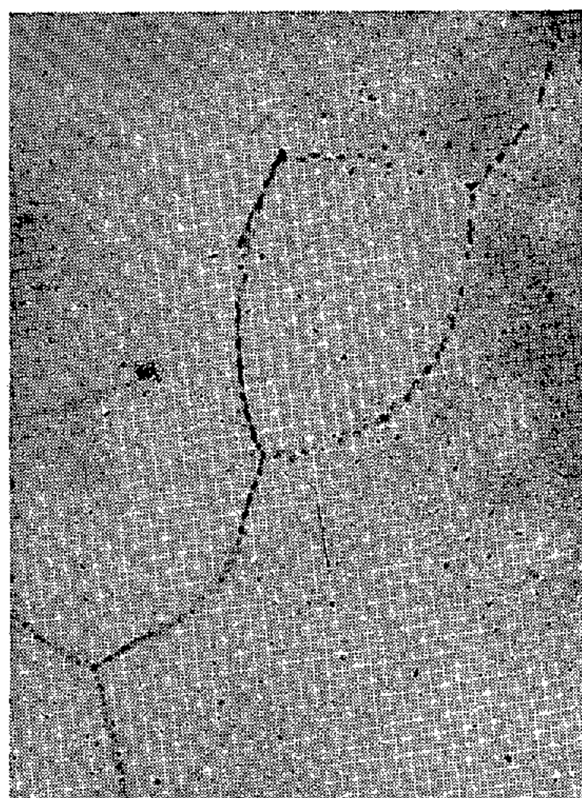


Fig. 1. — Fusion commençante des joints de grains de l'aluminium pur. G = 100.

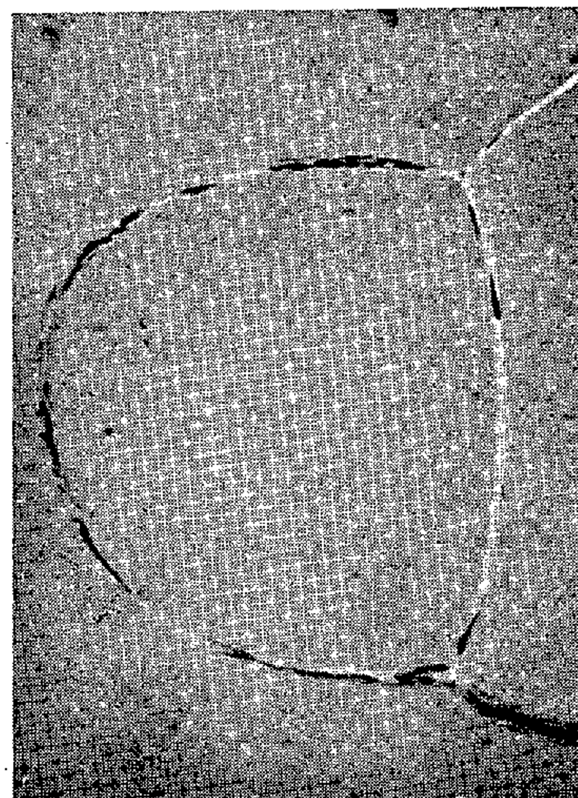


Fig. 2. — Enrichissement en zinc des contours de grains d'un alliage Al-Zn à 12% au cours de leur fusion commençante. G = 250.

Enfin, si l'on élève la température au-dessus de la température commençante de fusion, celle-ci se poursuit à l'intérieur des cristaux d'une manière très

([4]) P. Lacombe et N. Yannaquis, *Revue de Métallurgie*, 45, 1948, p. 68.

localisée. La microradiographie de la figure 4 montre à l'intérieur des cristaux des petits îlots de métal fondu dont le centre enrichi en aluminium est entouré

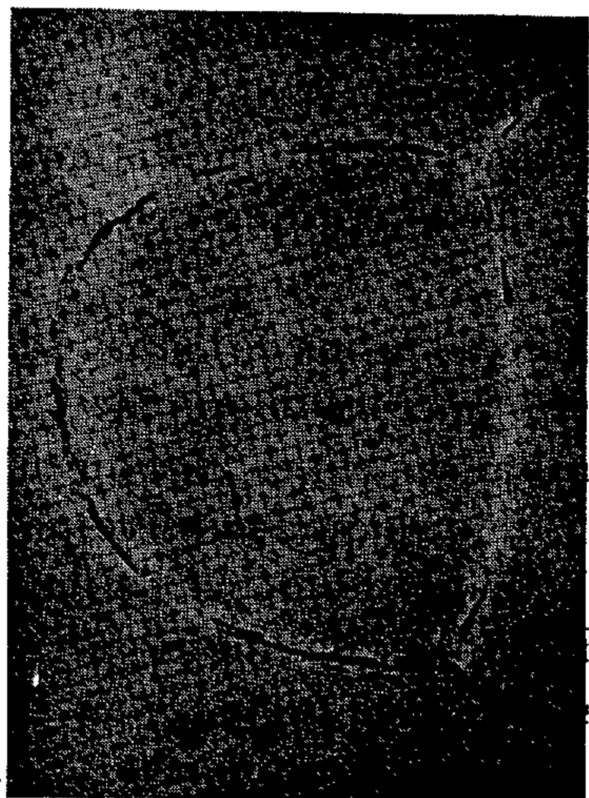


Fig. 3. — Remise en solution progressive du zinc sur le même alliage (*fig.* 2) traité 30 minutes à 450°. G = 250.



Fig. 4. — Fusion aux joints de grain et à l'intérieur des cristaux par élévation de la température. G = 200.

d'une auréole riche en zinc. On observe d'une façon générale, contrairement à la figure 2, un gradient de composition important autour des contours de grains fondus.

En conclusion, grâce à la microradiographie très sensible à de faibles différences de concentration dans ce cas particulier, où les éléments Al et Zn ont un coefficient d'absorption très différent, nous avons pu déceler deux stades successifs dans la *brûlure* de l'alliage. Le premier, seul limité aux contours des grains, permet la régénération de l'alliage par traitement thermique.

En outre, nous avons montré que les discontinuités de structure du contour de grain liées à la notion de réseau de transition provoquent une attraction *brutale* des atomes dissous vers le contour des cristaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'autoxydation des cyclohexénols aryl-aroyl-substitués. Méthode de préparation des triarylbenzènes.* Note (*) de MM. **Dimitre Ivanoff, Tchavdar Ivanoff** et **Christo Ivanoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

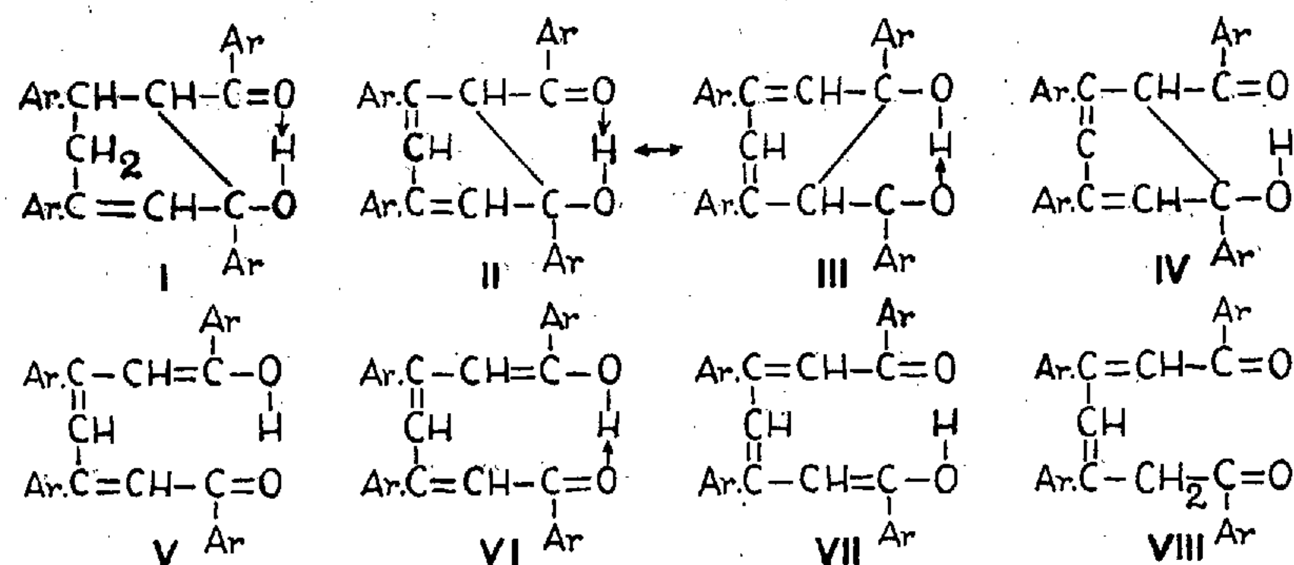
Deux d'entre nous ont trouvé qu'en solution acéto-formique les homologues de la dypnopinacone ordinaire, obtenus par condensation des cétones du type

(*) Séance du 7 novembre 1949.

Ar.CH=CH.CO.Ar avec celles du type Ar.C(CH_3)=CH.CO.Ar se décomposent par déshydrogénation spontanée à l'air en triarylbenzènes-1.3.5 et en acides arylcarboniques ([1]).

L'intérêt que présente cette décomposition d'autoxydation nous a poussés à l'étudier plus profondément. Tout d'abord nous avons trouvé que sous l'action de l'oxygène la dypnopinacone de chalcone et de dypnone en solution acétique seul subit la même décomposition. Au contraire, en faisant passer de l'air dans sa solution acétique bouillante, on obtient de la triphénylbenzophénone-2.4.6, c'est-à-dire, que dans ce cas, la dypnopinacone se déshydrogène et se déshydrate. Étant donné que dans les mêmes conditions la dypnopinacoline correspondante ne peut pas se déshydrogéner ([1]), nous en avons conclu que la déshydrogénation se fait avant la déshydratation. Par déshydrogénation au moyen du soufre, la dypnopinacone fournit également de la triphénylbenzophénone-2.4.6.

Les résultats cités concernant l'autoxydation de la dypnopinacone de chalcone et de dypnone s'expliquent bien si nous admettons dans sa molécule une liaison hydrogène [liaison de chélation, (I)]. Donc il est probable que pour le produit de déshydrogénation, il y a une résonance entre (II) et (III). Un tel échange d'électrons peut être prouvé de la façon suivante : la structure (II) indique une résonance entre (IV) et (V); la liaison hydrogène (VI) donne aussi lieu à une résonance entre (V) et (VII). On peut exprimer (VII) par la structure cétonique (VIII). La migration d'un atome d'hydrogène du groupe méthylénique au groupe carbonyle opposé conduit à la structure (III).



Le produit de déshydrogénation de la dypnopinacone n'a pu être isolé. L'instabilité de ce produit est à prévoir en tenant compte du fait que la déshydrogénation du dihydrobenzène est une réaction exothermique ([2]). La tendance du système dihydrobenzénique à se transformer en noyau benzénique plus stable provoque à température ordinaire la rupture des liaisons entre le cycle

([1]) D. Iwanow et Tsch. Iwanow, *Ber. d. chem. Ges.*, 76, 1943, p. 1148-1156.

([2]) G. B. Kistiakowsky et coll., *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 152.

et les groupes benzoyle et hydroxyle. Ces derniers groupes restent liés entre eux par la liaison hydrogène et donnent naissance à une molécule d'acide benzoïque. A l'ébullition, au contraire, la liaison hydrogène se rompt et le passage du noyau cyclohexadiénique au noyau benzénique s'effectue par déshydratation; on obtient de la triphénylbenzophénone-2.4.6.

Cette hypothèse peut être étendue à toutes les dypnopinacones du même type. Elle explique, par exemple, pourquoi l'autoxydation de la dypnopinacone de chalcone et de diméthyldypnone-4.4′ conduit aux acides benzoïque et *p*-toluique [1]. Dans les cas où le groupe arylique lié au carbonyle diffère du groupe phénylique voisin de l'hydroxyle [selon (I)] la formation des triaryl-benzophénones prend, aussi à température ordinaire, une vitesse assez grande. Ainsi la dypnopinacone de *p*′-méthylchalcone et de dypnone fournit du triphénylbenzène-1.3.5, des acides benzoïque et *p*-toluique et de la méthyl-4′ triphénylbenzophénone-2.4.6, tandis que la dypnopinacone de dibenzalacétone et de dypnone, $C_{33}H_{28}O_2$ (F 214-216°) donne de la triphénylchalcone-2.4.6, $C_{33}H_{24}O$ (F′ 192-194° et F″ 209-210°) et de l'acide benzoïque.

Voilà la raison pour laquelle nous avons essayé de préparer quelques triphénylbenzènes-1.3.5, *p*-substitués dans l'un des noyaux latéraux. Dans ce but nous avons préparé les dypnopinacones données dans le tableau ci-dessous. Pour les mieux caractériser nous avons obtenu leurs dypnopinacolines, qui, déshydrogénées avec du soufre, ont fourni les triarylbenzophénones-2.4.6 correspondantes.

Dypnopinacones préparées de :	Dypnopinacolines correspondantes.	Triphényl-benzophénones correspondantes.	Triarylbenzènes-1, 3, 5 correspondants.
1. *p*-Méthylchalcone et dypnone, $C_{32}H_{28}O_2$, F 168-169°,5........	$C_{32}H_{26}O$ F 128–129°	$C_{32}H_{24}O$ F 148–150°	$C_6H_3(C_6H_5)_2.C_6H_4.CH_3$-*p* F 123,5-124,5°
2. *p*-Chlorochalcone et dypnone, $C_{31}H_{25}ClO_2$, F 168–169°.......	$C_{31}H_{23}ClO$ F 107–108°	$C_{31}H_{21}ClO$ F 157–158°	$C_6H_3(C_6H_5)_2.C_6H_4.Cl$-*p* F 139-140°
3. *p*-Méthoxychalcone et dypnone, $C_{32}H_{28}O_3$, F 166-168°.........	$C_{32}H_{26}O_2$ F 97–98°	$C_{32}H_{24}O_2$ F 166–167°	$C_6H_3(C_6H_5)_2.C_6H_4.OCH_3$-*p* F 138–139°
4. Chalcone et *p*, *p*′-diphényl-dypnone, $C_{43}H_{34}O_2$, F 195-196°.	Cette dypnopinacone n'a pas subi de déshydratation et de décomposition d'autoxydation.		

Les triarylbenzènes-1.3.5 cherchés ont été obtenus avec un rendement de 45-50 % en soumettant à température ordinaire pendant 2-3 jours les solutions acéto-formiques des dypnopinacones à l'action de l'oxygène provenant d'un gazomètre.

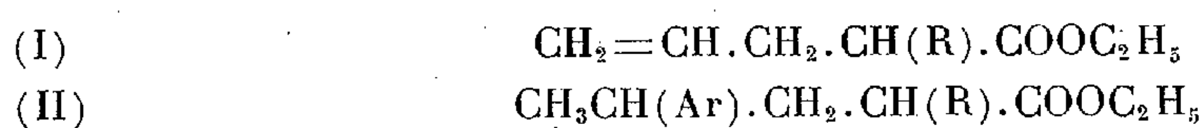
CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des hydrocarbures aromatiques avec les esters d'acides γ-éthyléniques; application à la synthèse du tétraméthyl-1.2.4.7 naphtalène.* Note de MM. **Jean Colonge** et **Édouard Grimaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les hydrocarbures benzéniques se condensent sur les esters des acides allylacétiques α-substitués en donnant les esters des alcoyl-2 aryl-4 pentanoïques dont les acides se cyclisent en α-tétralones; de celles-ci on passe aisément aux hydrocarbures naphtaléniques correspondants.

Il est bien connu que les hydrocarbures aromatiques s'additionnent sur les

composés éthyléniques, en présence d'acides minéraux ou de certains chlorures métalliques; les acides éthyléniques ou leurs esters ne font pas exception et divers essais ont été signalés avec des composés renfermant la liaison éthylénique plus ou moins distante du groupement carboxylique. En ce qui concerne les acides γ-éthyléniques, ou leurs esters, signalons les travaux de Eyjkman [1] et de Fourneau et Baranger [2], qui mettent en œuvre l'acide allylacétique ou l'allylmalonate d'éthyle d'une part, et le benzène ou l'anisole d'autre part, en présence de chlorure d'aluminium; les rendements sont médiocres.

Pour obtenir les esters des *alcoyl-2 aryl-4 pentanoïques* (II) et passer ultérieurement aux α-tétralones correspondantes, nous avons condensé les *esters éthyliques des alcoyl-2 pentène-4 oïques* (I) avec des hydrocarbures benzéniques, en présence de chlorure d'aluminium.



(I) $CH_2=CH.CH_2.CH(R).COOC_2H_5$

(II) $CH_3CH(Ar).CH_2.CH(R).COOC_2H_5$

Mode opératoire. — On ajoute, peu à peu, l'ester γ-éthylénique (1^{mol}) à la suspension agitée de chlorure d'aluminium pulvérisé ($1^{mol},3$) dans l'hydrocarbure (6^{mol}), en maintenant la température vers 35°; après deux heures d'agitation, on hydrolyse sur glace et acide chlorhydrique; la couche organique est lavée, séchée et rectifiée. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Composé aromatique utilisé.	Ester (I) utilisé.	Ester (II) obtenu.		Rendement (%).
Benzène	$R=H$	$Ar=C_6H_5$;	$R=H$	80
»	$R=C_2H_5$	$Ar=C_6H_5$;	$R=C_2H_5$	88
Toluène	$R=H$	$Ar=p-CH_3.C_6H_4$;	$R=H$	87
»	$R=CH_3$	$Ar=p-CH_3.C_6H_4$;	$R=CH_3$	88
»	$R=C_2H_5$	$Ar=p-CH_3.C_6H_4$;	$R=C_2H_5$	92
P-xylène	$R=CH_3$	$Ar=(CH_3)_2.C_6H_3$;	$R=CH_3$	82
»	$R=C_2H_5$	$Ar=(CH_3)_2.C_6H_3$;	$R=C_2H_5$	85
Fluorobenzène	$R=H$	$Ar=FC_6H_4$;	$R=H$	70
»	$R=CH_3$	$Ar=FC_6H_4$;	$R=CH_3$	71
Chlorobenzène	$R=H$	$Ar=ClC_6H_4$;	$R=H$	86
»	$R=CH_3$	$Ar=ClC_6H_4$;	$R=CH_3$	85
Bromobenzène	$R=H$	$Ar=BrC_6H_4$;	$R=H$	64
»	$R=CH_3$	$Ar=BrC_6H_4$;	$R=CH_3$	63
Anisole	$R=H$	$Ar=CH_3OC_6H_4$;	$R=H$	21

Constitution des produits obtenus. — Nous avons constaté que le radical arylique se place uniquement en γ du groupement carboxylique; de plus, avec le toluène, seul l'atome d'hydrogène en para du groupement méthyle entre en

(1) *Zentralbl.*, II, 1907, p. 2045 et II, 1908, p. 1100.

(2) *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1161.

jeu; par contre, avec les halogénobenzènes, il semble se faire plusieurs isomères. Nous ne décrirons ici que les produits intéressant la synthèse du *tétraméthyl*-1.2.4.7 *naphtalène*, carbure nouveau.

P-tolyl-4 méthyl-2 pentanoate d'éthyle $C_{15}H_{22}O_2$. — Action de l'α-méthylallyl-acétate d'éthyle sur le toluène; liquide, $É_{18}$ 158°; $d_4^{18,5}$ 0,974; $n_D^{18,5}$ 1,4899.

P-tolyl-4 méthyl-2 pentanoïque $C_{13}H_{18}O_2$. — Saponification de l'ester précédent; liquide, $É_3$ 151°; sel de benzylisothiouronium F 134°.

Triméthyl-2.4.7 tétralone $C_{13}H_{16}O$. — Action de l'acide sulfurique sur l'acide précédent; liquide, $É_{25}$ 169°; d_4^{23} 1,036; n_D^{23} 1,5452; dinitro-2.4 phényl-hydrazone F 220°.

Tétraméthyl-1.2.4.7 *tétralol*-1 $C_{14}H_{20}O$. — Action de l'iodure de méthyl magnésium sur la tétralone précédente; rendement 86 %; liquide, $É_5$ 144°.

Tétraméthyl-1.3.4.6 *dihydro*-1.2 *naphtalène* $C_{14}H_{18}$. — Formé par déshydratation de l'alcool tertiaire précédent; liquide, $É_{19}$ 150°; d_4^{22} 0,967; n_D^{22} 1,5600.

Tétraméthyl-1.2.4.7 *naphtalène* $C_{14}H_{16}$. — Obtenu en déshydrogénant par le soufre la dialine précédente; liquide, $É_{21}$ 174°-175°; F —3°; d_4^{28} 1,011; n_D^{28} 1,6032; picrate F 151°; styphnate F 118°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La pseudo-yohimbine est identique au yohimbène.* Note de MM. **Maurice-Marie Janot**, **Robert Goutarel** et **Mohamad Amin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Dans une Note récente [1] sur la pseudo-yohimbine, nous avons attiré l'attention sur la parenté qui devait exister entre cet alcaloïde et celui décrit en 1926 sous le nom de yohimbène, par G. Hahn et W. Brandenberg [2].

M. B. Witkop, qui seul semble avoir poursuivi l'étude du yohimbène [3], ayant bien voulu nous adresser un échantillon de ce rare produit qu'il tenait des auteurs précités et qui se trouvait être celui-là même qui avait servi à ses propres recherches, nous avons pu démontrer que la pseudo-yohimbine et le yohimbène sont identiques.

La formule commune est $C_{21}H_{26}O_3N_2$ avec respectivement $[\alpha]_D + 27°,6 \pm 1°,5$ et $[\alpha]_D + 26°,9 \pm 2°,8$ (pyridine).

Le point de fusion instantanée au bloc de Maquenne est de 293° pour le deux alcaloïdes et pour leur mélange; il en est de même pour celui de l'acide pseudo-yohimbique et de l'acide yohimbénique et de leur mélange à F 245-248°, ainsi

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2041-2043.

(2) *Ber.*, **59**, 1926, p. 2189; **60**, 1927, p. 669-707; G. Hahn et W. Stenner, *Ber.*, **61**, 1928, p. 278.

(3) *Ann. Chem.*, **554**, 1943, p. 83-126.

que pour celui de la pseudo-yohimbone et de la yohimbénone et de leur mélange à F 286-287°. Ces cétones ont été préparées par la méthode d'Oppenauer.

Les propriétés spectrales sont également identiques pour l'absorption tant dans l'ultraviolet que dans l'infrarouge. Nous rapportons ici le spectre infrarouge exécuté dans le laboratoire de B. Witkop à l'Université de Harvard (*fig.* 1).

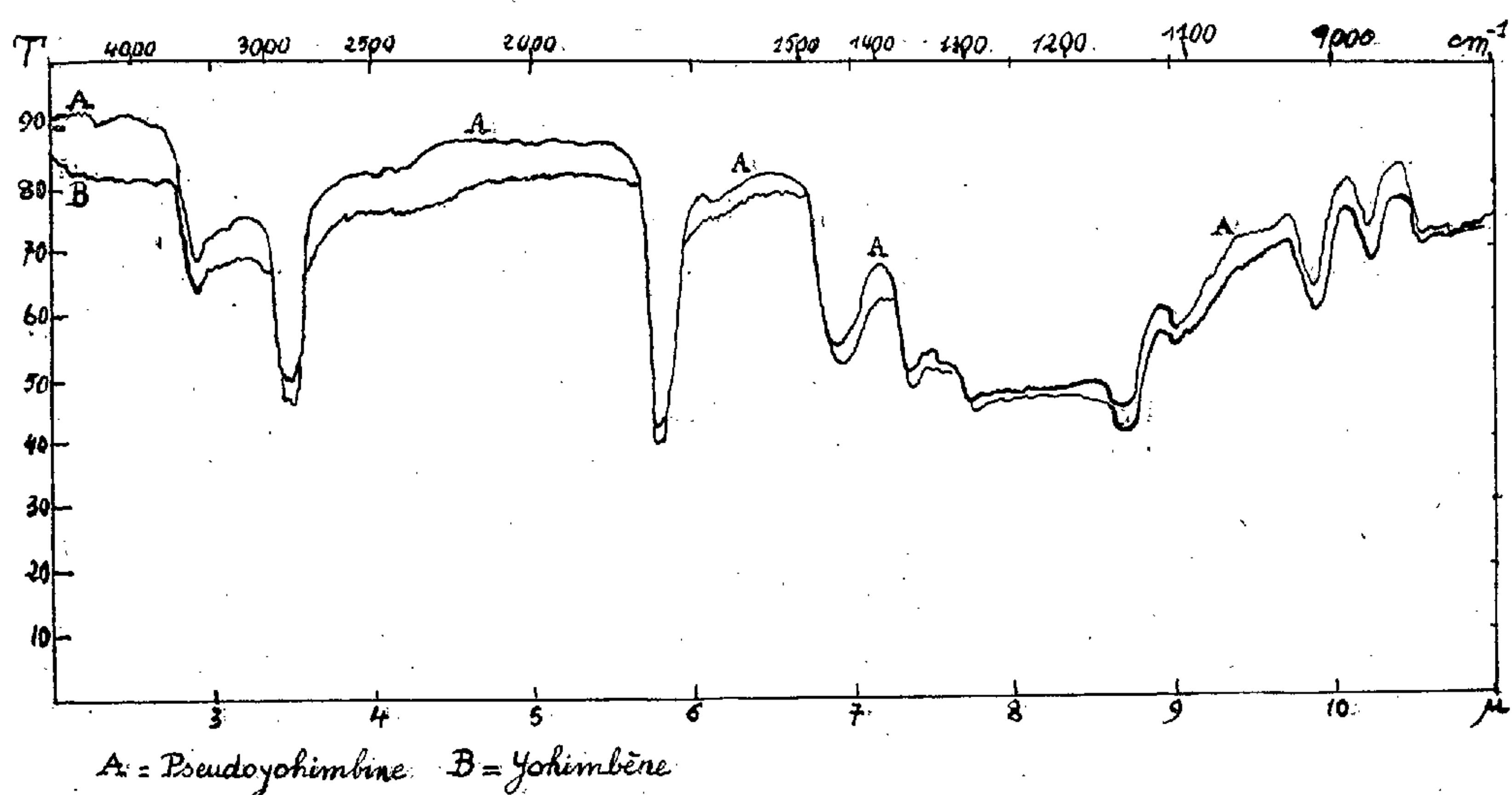


Fig. 1.

Alors que l'acide yohimbénique comme l'acide pseudo-yohimbique conduit

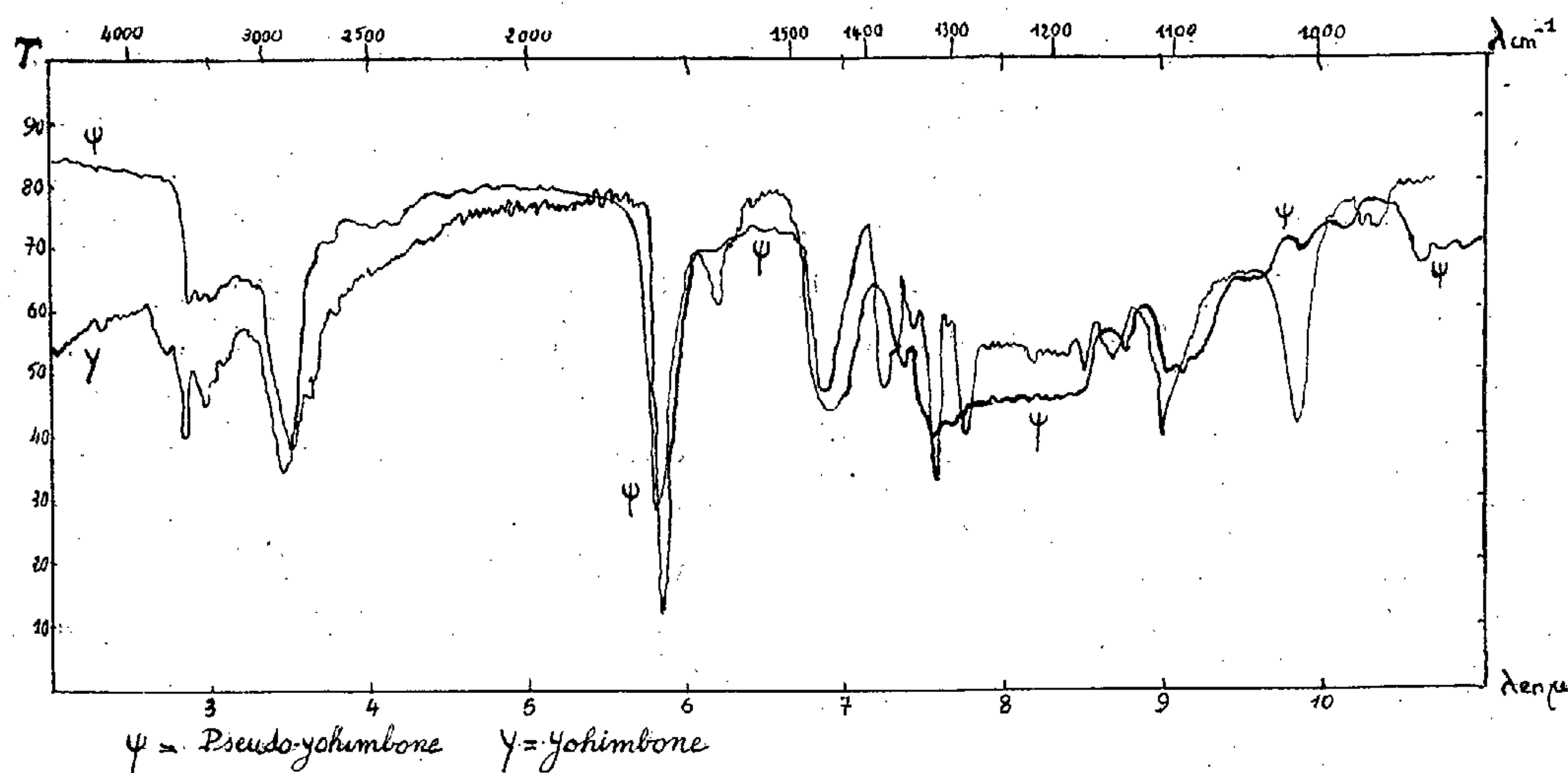


Fig. 2.

par décarboxylation à la yohimbone F 310-311°, $(\alpha)_D - 105°$ (pyridine), l'oxydation de ces mêmes acides par la méthode d'Oppenauer donne la

yohimbénone (ou pseudo-yohimbone). La discordance des propriétés physiques de ces deux cétones isomères est également visible sur leur spectre infrarouge (*fig.* 2).

Si la remarquable synthèse de la yohimbone que vient de publier G. A. Swan ([4]), confirme la structure polycyclique attribuée à la yohimbine et démontre la position de l'oxhydrile alcoolique sur le carbone 17, la configuration stéréochimique de la yohimbine et de ses isomères n'est pas encore parfaitement connue; cependant, le facile passage du yohimbène à la série yohimbique permet de penser que les rapports stériques qui existent entre la yohimbine et le yohimbène (ou pseudo-yohimbine) sont conditionnés par le carbone 3, le cycle E étant le même dans les deux alcaloïdes.

Conclusion. — La pseudo-yohimbine est identique au yohimbène.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques en Bretagne centrale.* Note (*) de M. **Eugène Le Borgne**, transmise par M. Charles Maurain.

Le réseau magnétique de la France au 1er janvier 1924 montre que la Bretagne centrale se comporte d'une manière anormale. En mesurant la composante horizontale du champ magnétique terrestre tous les kilomètres, en 12 stations situées le long de la route de Ploërmel à Pontivy, Ch. Maurain a constaté que l'amplitude des anomalies magnétiques est plus grande, dans cette région, que ne le révélaient les stations espacées adoptées pour établir le réseau ([1]).

Je me suis proposé de délimiter la zone anormale. Pour cela, j'ai mesuré, avec une balance de Schmidt, la composante verticale en 350 stations, distantes d'environ 1^{km}, disposées le long d'un certain nombre d'itinéraires à l'intérieur d'un carré de 50^{km} de côté : la zone étudiée est comprise entre les méridiens 5,30 grades et 6,15 grades d'une part, entre les parallèles 53,10 grades et 53,70 grades d'autre part. Elle couvre, au centre, des schistes du Briovérien qui se prolongent vers l'Est et sont limités, dans les autres directions, par des massifs de granite et de granulite, parfois bordés de micaschistes, ou par des bandes de grès.

Les mesures effectuées montrent que le champ magnétique terrestre est calme au-dessus du granite et de la granulite, tandis qu'il est troublé ailleurs. En considérant comme normales les valeurs observées sur les granites voisins, on constate des anomalies importantes, comprises entre -1800^{γ} et $+900^{\gamma}$. Dans la région schisteuse, les anomalies sont très nombreuses et leur juxtaposition ne laisse pratiquement pas de surfaces calmes; l'espacement des sta-

---

([4]) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 1534-1539.

(*) Séance du 11 septembre 1950.

([1]) Ch. Maurain, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 508-510.

tions ne permet pas de tracer les courbes isanomales. La figure 1 donne une idée de la disposition des anomalies et fait apparaître le contraste entre la zone schisteuse et les zones granitiques. Sur une reproduction de la carte géologique, on a reporté certains itinéraires et les stations correspondantes. En

ANOMALIES DE LA COMPOSANTE VERTICALE DU CHAMP MAGNÉTIQUE TERRESTRE

chaque station l'anomalie est représentée par un segment dont la longueur est proportionnelle à la différence entre la valeur de la composante verticale en ce point et la valeur moyenne observée dans une région calme voisine (anomalie positive en trait plein, anomalie négative en pointillé). Lorsque l'anomalie est inférieure à 50^{γ}, la station est entourée d'un demi-cercle.

Examinées au point de vue magnétique, les différentes roches rencontrées dans cette région ont montré une susceptibilité très faible et une aimantation rémanente négligeable, à l'exception des diabases, franchement magnétiques, qui apparaissent sous forme de filons dans la partie Nord de la zone étudiée : il semble que ces diabases sont responsables des anomalies, généralement positives, observées dans les environs de Loudéac. Dans la partie Sud, où l'on ne rencontre pas de diabases, aucune roche magnétique n'a pu être atteinte. Il est à noter que les anomalies y sont plutôt à prédominance négative.

On peut rapprocher les résultats de ces observations magnétiques à l'échelle régionale, des résultats, à la même échelle, des mesures gravimétriques

effectuées dans cette région par R. Bollo [2] et pour lesquels J. Goguel a donné une interprétation géologique [3]. La région granitique de Guemene, calme au point de vue magnétique, correspond à une anomalie négative de la gravité; la région schisteuse de Loudéac, troublée au point de vue magnétique, présente une anomalie positive de la gravité. Les densités respectives des granites et des schistes laissent supposer que ceux-ci recouvrent des roches sensiblement plus lourdes : dans cette partie Nord, les géologues considèrent comme probable l'existence, à une profondeur de l'ordre du kilomètre, d'un réservoir de dolérites dont proviendraient les filons de diabases, roches denses et magnétiques. Compte tenu de l'espacement des stations gravimétriques, cette correspondance entre les perturbations magnétiques et les anomalies positives de la gravité tend à disparaître lorsqu'on se déplace vers le Sud; au sud-est, dans la région de Josselin, où les anomalies magnétiques négatives sont importantes, la gravité présente une anomalie négative qui envahit largement la zone schisteuse entourant le massif granitique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence de l'ion silicique sur le maintien en solution et l'absorption de l'ion phosphorique par les plantes.* Note de M. **Étienne-Marcel Bastisse**, présentée par M. Raoul Combes.

La silice est un des éléments actifs qui, participant aux phénomènes de fixation et d'échange des anions dans le sol, permet d'envisager l'emploi de composés siliciques pour maintenir l'assimilabilité de l'acide phosphorique dans les terres latéritiques.

Nous avons montré antérieurement [1] que certains anions sont susceptibles d'être adsorbés par les constituants du sol : argiles et hydroxydes métalliques. Si plusieurs de ces anions se trouvent mélangés dans une solution l'adsorption de l'un d'eux diminue l'adsorption des autres. Partant de cette observation, nous avons essayé de déterminer les conditions dans lesquelles l'anion silicique pourrait retarder ou supprimer la fixation de l'anion phosphorique par les hydroxydes. Pour juger du résultat obtenu, nous avons déterminé par voie chimique la quantité de P_2O_5 encore en solution ou, par voie biologique, la quantité de P_2O_5 absorbée par des plantes de Maïs croissant sur les milieux artificiels que nous avons préparés.

Le milieu absorbant était constitué selon le cas par des hydroxydes de fer ou d'aluminium fraîchement précipités, ou par un sol latéritique. Ces éléments étaient mélangés à un grand excès de solution de manière que les équilibres physico-chimiques pussent être atteints dans chaque cas. Les solutions elles-mêmes renfermaient des doses variables de scories phosphatées et de silicate.

(2) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1028-1030.

(3) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1130-1131.

(1) *Comptes rendus*, 195, 1933, p. 790; 197, 1933, p. 1247.

Le détail des résultats des recherches qui s'étendent sur 5 ans et qui intéressent environ 200 plantes sera présenté ailleurs. Nous n'indiquerons ici que les conclusions générales qu'ils nous ont permis de dégager. Signalons d'ailleurs que chaque résultat particulier, étant obtenu sur un petit nombre de plantes, n'est pas très significatif par lui-même; mais la constance des résultats au cours des différentes années est telle qu'en dépit des différences dans le schéma de chaque expérience, elle confère une haute probabilité aux conclusions actuelles.

L'addition de SiO_2 dans les solutions augmente dans tous les cas la teneur de la plante en cet élément. L'effet étant toujours plus marqué pour les racines que pour les tiges. Par contre, les teneurs en P_2O_5 varient et peuvent même parfois décroître quand la teneur en SiO_2 croît, l'abaissement du taux de P_2O_5 étant surtout marqué pour les plantes récoltées après le plein développement (stade épis).

Néanmoins, comme en présence de SiO_2 la quantité de matière sèche récoltée est augmentée d'une manière considérable, couramment 2 et 3 fois plus, la quantité totale de P_2O_5 exportée par les récoltes est donc toujours très supérieure à celle des témoins.

Chaque fois que nous avons effectué des dosages de P_2O_5 en solution, nous avons constaté qu'en présence de SiO_2 la quantité de P_2O_5 était toujours plus élevée, toutes choses égales d'ailleurs, qu'en l'absence de cet élément. Cette conclusion est vraie quel que soit le pH de la solution.

Ainsi il ressort de ces expériences que l'addition de SiO_2 permet le maintien en solution de l'acide phosphorique même dans des conditions où celui-ci doit rétrograder énergiquement. La plante réagit dans ces conditions favorables en fournissant une récolte plus abondante et en exportant ainsi plus d'acide phosphorique. Il serait maintenant nécessaire de pouvoir transposer ces conclusions dans le domaine pratique en opérant non plus avec des solutions mais dans les sols latéritiques fortement rétrogradants. On peut aisément concevoir la préparation de produits silicophosphatés permettant à l'acide phosphorique de rester à la disposition de la plante dans les conditions du milieu naturel.

Il faut évidemment que l'expérience confirme ces prévisions mais elle vaudrait d'être entreprise puisqu'à l'heure actuelle le problème de la fumure phosphatée en terre latéritique est de ceux qui paraissent commander l'accroissement de la fertilité de ces sols.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la production, par des hétérozygotes monofactoriels de* Podospora anserina, *de gamétophytes phénotypiquement différents des gamétophytes parentaux.* Note de M. **Georges Rizet** et Mme **Ginette Delannoy**, présentée par M. Roger Heim.

Les souches qui, dans leurs confrontations fournissent des *barrages*, diffèrent par un seul gène : l'une est appelée S, l'autre s. Les asques issus du croisement $S \times s$ montrent une ségrégation mendélienne typique; toutefois, si l'on obtient en F_1 des souches S, on n'obtient pas de souches identiques à s. Celles-ci sont remplacées par des souches d'un type nouveau (s^S) dont les caractères sont interprétés comme les manifestations de *l'action retardée* du gène S.

On peut réaliser des croisements, chez *Podospora anserina*, en confrontant deux souches, l'une de *signe* +, l'autre de *signe* —, issues de spores uninucléées [1]. Si les deux semis sont faits à une certaine distance l'un de l'autre, les périthèces se développent dans la zone voisine de la ligne de contact des deux souches. Dans le cas des souches d'apparence *sauvage* que nous utilisons habituellement, la distribution des fructifications répond cependant à deux dispositions différentes.

Dans certaines confrontations fertiles, les périthèces forment une ligne au contact des myceliums entièrement pigmentés. Dans les autres, les fructifications forment deux lignes parallèles, séparées par une zone étroite et incolore. Nos premières observations nous avaient même laissé supposer que cette région était dépourvue de mycélium; c'est pourquoi nous avons appliqué à ce phénomène, par analogie avec d'autres phénomènes décrits chez les Champignons, le terme de *barrage*. En réalité, si les hyphes aériens sont extrêmement rares, on trouve dans cette zone des hyphes immergés incolores, provenant de chacune des souches et formant même, à leur rencontre en son milieu, des ramifications terminales, qui s'entrecroisent et constituent un véritable *bourrelet* mycélien.

A l'absence ou à la disposition des périthèces près, cette seconde disposition se rencontre également dans des confrontations intéressant, soit deux souches de même *signe* (donc stériles), soit deux souches dont l'une ou même les deux sont autofertiles : dans ce dernier cas, les périthèces recouvrent toute la culture à l'exception de la zone non pigmentée. *Barrage* et *bourrelet* représentent donc l'essentiel d'un phénomène auquel la disposition des périthèces donne simplement une expression morphologique.

Ce phénomène se produit lorsqu'on confronte deux souches que nous appellerons dès maintenant S et s. Les confrontations entre deux souches S ou entre deux souches s ne fournissent jamais ni *barrage* ni *bourrelet*, et, si ces deux souches sont de *signes* différents, ne produisent qu'une seule ligne de péri-

(1) G. Rizet et C. Engelmann, *Rev. Cytol. et Biol. vég.*, 11, 1949, p. 201-303.

thèces. Des croisements $S \times S$ ou $s \times s$, poursuivis pendant quinze générations, n'ont fourni, les premiers que des souches *S*, les seconds que des souches *s* : nos souches *S* et *s* appartiennent donc à deux races pures distinctes ; elles sont cependant identiques morphologiquement et, étant donné le peu de renseignements que nous possédons sur leur origine, il nous est impossible de dire si l'une d'elle est assimilable à la forme *sauvage*.

Les croisements $S \times s$ fournissent des asques de deux types : certains asques normaux tétrasporés conduisent à quatre souches semblables (type I) donnant *barrage* avec *s* ; les autres (type II) à deux souches *S* issues de deux spores constituant un demi-asque et à deux souches d'une catégorie nouvelle, puisqu'elles ne donnent *barrage*, ni avec *S*, ni avec *s*, ni entre elles. Lorsque deux spores uninucléées tiennent la place d'une spore banale, elles conduisent à des souches, soit toutes deux *S* ou toutes deux de la catégorie nouvelle (type II), soit l'une *S* et l'autre de la catégorie nouvelle (type I).

Ces modalités de ségrégation, dans leur ensemble, sont celles que l'on observe dans le cas d'un croisement entre souches différant par un seul gène, avec dominance de l'un des allèles (*loc. cit.*). Elles offrent cependant une particularité remarquable : en F_1, aucun gamétophyte n'est identique au parent *s* et les souches de ce type sont remplacées par des souches d'un type nouveau ([2]). L'absence de *barrage* dans leurs confrontations avec les souches *S* les rapproche de celles-ci ; elles en diffèrent cependant par le fait qu'elles ne donnent pas non plus de *barrage* avec les souches *s*.

Un tel comportement n'est pas sans rappeler celui du pollen né sur les pieds hétérozygotes de certaines plantes hétérostylées à deux types de pieds ou plus généralement de plantes auto-incompatibles à autostérilité *zygotique* ; on sait en effet que ce pollen, même s'il porte le gène récessif, manifeste l'un des effets du gène dominant, à savoir la capacité de féconder les homozygotes récessifs. Dans ce cas, cette propriété est généralement considérée comme un caractère cytoplasmique transitoire due à l'action retardée du gène dominant.

En première approximation, une telle interprétation convient également aux phénomènes décrits ci-dessus. En admettant que les formes *S* et *s* correspondent à deux allèles du même nom, on désignera la forme nouvelle par le symbole s^S, exprimant ainsi le *camouflage* du génotype *s* des souches de caractère nouveau issues des hétérozygotes *Ss*.

D'autres faits viennent d'ailleurs étayer cette interprétation. Parmi ceux-ci, nous citerons l'identité entre les descendances des croisements $S \times s$ et $S \times s^S$. Il est très difficile d'imaginer que deux souches, l'une *s*, l'autre s^S, qui, croisées avec la même souche *S*, conduisent au même résultat, puissent avoir des génotypes différents.

([2]) Alors que plusieurs couples de gènes marqueurs, portés par les deux souches confrontées, subissaient une ségrégation parfaitement normale.

Ainsi, à première vue, les phénomènes décrits sembleraient, somme toute, relever de l'action retardée d'un gène (*prédétermination*). Cependant, nous montrerons dans une prochaine Note qu'ils présentent à cet égard quelques aspects bien singuliers.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la teneur en huile et en linamaroside des graines de diverses variétés de lin.* Note de M. **Émile André**, Mlles **Marie Carbouère** et **Monique Maille**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une Note antérieure (1) publiée en collaboration avec Mme Kogane-Charles, l'un de nous a consigné les résultats de l'examen chimique d'une série d'échantillons de graines fournies par diverses variétés de lin. A cette époque les phytogénétistes s'efforçaient d'isoler et de fixer des variétés dites *mixtes* susceptibles de donner une récolte de graines honorable en même temps qu'une récolte de paille de lin exploitable pour la préparation des fibres.

Il ne semble pas que ces recherches aient donné les résultats espérés, soit parce qu'ils furent quelque peu décevants, soit parce que la sélection des variétés de lin à graines et des variétés de lin à fibre a donné plus de satisfaction.

Le Service central d'amélioration des plantes de Versailles a mis à notre disposition une série d'échantillons de graines de lin à huile sélectionnées et dont un certain nombre provenaient de lignées pures. Des résultats fort appréciables ont été obtenus en ce qui concerne la teneur en lipides des graines des variétés de lin à huile. Il y a environ quinze ou vingt ans, on considérait qu'une teneur en huile de 36 % représentait une bonne valeur moyenne. Sans doute, on rencontrait parfois des teneurs plus élevées allant jusqu'à 40 et même 42 %, mais elles étaient exceptionnelles.

Le Service de l'amélioration des plantes de Versailles nous a remis, pour analyse, 15 échantillons de graines de lin à huile sélectionnées. Douze d'entre eux contenaient plus de 40 % de lipides. La variété la plus riche est un lin bulgare qui nous a donné le résultat remarquable de 44,7 % de lipides. Quatre autres variétés nous ont donné une teneur égale ou supérieure à 42,5 %.

Comme on peut en juger d'après le tableau ci-contre, les teneurs atteignant ou dépassant 40 % au lieu d'être une exception sont devenues la règle; la conservation de ces variétés de choix est relativement facile, il suffit de les cultiver spécialement pour semences.

Il est un autre caractère chimique qu'il est bon de faire intervenir dans la sélection des lins. C'est la teneur des graines en linamaroside, hétéroside que le ferment, linamarase, hydrolyse en CNH, acétone et glucose. Nous avons eu la satisfaction de constater que les soins culturaux et l'isolement de lignées

(1) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 457-459.

pures avaient eu pour résultat de diminuer la teneur en linamaroside. Sur les douze échantillons que nous avons retenus comme fournissant une proportion d'huile satisfaisante, huit ont dégagé moins de $0^g,25$ d'acide cyanhydrique par kilogramme. Nous insistons particulièrement sur les deux variétés Bolley-Golden et Diehl qui, tout en contenant 42,8 et 42,5 % d'huile, dégagent seulement $0^g,12$ de CNH par kilogramme. Il n'est point rare que des soins culturaux attentifs arrivent à atténuer voire même à supprimer la toxicité des plantes dont les variétés sauvages sont toxiques. Contentons-nous de signaler ici qu'il existe des variétés de *manioc doux* contenant très peu de manihotoxine, hétéroside cyanogénétique qui a été identifié ces dernières années avec le linamaroside.

Nous avons fait figurer dans le tableau ci-dessous une colonne où est indiquée la couleur des fleurs des variétés que nous avons étudiées. Une opinion que nous avons entendu exprimer quelquefois, tendrait à présenter comme une règle que les variétés à fleurs blanches de diverses plantes toxiques sont en général peu toxiques ou même ne le sont point. On signale que les fleurs de l'amandier amer sont lavées de rose et que celles de l'amandier doux sont blanches. Il en va de même pour les haricots de Java dont la variété à fleurs blanches ne contient que des traces de phaséolunatine (glucoside identique à la linamarine). Nous avons voulu vérifier si les variétés de lin à fleurs blanches permettraient de confirmer cette règle.

Comme on peut en juger, la variété Bolley-Golden qui a des fleurs blanches ne dégage que $0^g,12$ de CNH par kilo, mais la variété Diehl qui a des fleurs bleues n'en dégage point davantage; la règle de l'*albinisme* se trouve ici en défaut.

Variétés.	Teneur en huile %.	CNH dégagé par 1000^g.	Couleur des fleurs.	Pays d'origine.
		Lins à huile.		
Bulgare moyen. Réc. 9...	44,7	0,27	bleue	Bulgarie
Swalöfs Oljelin..........	43,7	0,18	bleue	Suède
Stende 10. Réc. 48.......	43,7	0,21	blanche étoilée	Lettonie
Bolley Golden...........	42,8	0,12	blanche (*)	U. S. A.
Diehl.................	42,5	0,12	bleue	France
Diehl 17. Essai 13.......	41,7	0,15	bleue	France
Swalöfs Oljelin. Essai 13.	41,7	0,27	bleue	Suède
S. Z. E. R. A. C. S. 6-1...	41,2	0,22	bleue	Hongrie
Bombay 88. Réc. 48.....	40,7	0,26	blanche (**)	Inde
Bolley Golden. Essai 14...	40,6	0,18	blanche (*)	U. S. A.
Lin Royal. Réc. 48......	40,4	0,24	bleue	Canada
J. B. O. Essai 12. Réc. 48.	40,2	0,27	bleue	Canada
		Lins textiles.		
Lin Crésus. Réc. 48......	37,0	0,31	bleue	Belgique
A. F. G. H. A. N. Réc. 48.	36,5	0,28	bleue	Afghanistan
Lin Priekuli............	34,2	0,48	bleue	Lettonie

(*) Étamines jaunes. — (**) Étamines bleues.

Nous avons enfin examiné les graines de trois variétés de lin textile. Dans une Note antérieure nous avions signalé que les graines des lins textiles contiennent moins d'huile et plus de linamaroside que celles des lins à huile. Les analyses que nous avons faites sur les trois *lins textiles* mis à notre disposition ont confirmé nos conclusions anciennes. Il en résulte que les éleveurs qui achètent des tourteaux de lin auraient intérêt à connaître l'origine des tourteaux qui leur sont vendus; il serait plus judicieux encore d'acheter sur analyse les tourteaux de lin *aliments du bétail* et de choisir ceux qui dégagent le moins d'acide cyanhydrique, mais cette pratique n'est point d'usage courant.

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'effet antagoniste du plasma d'oiseau vis-à-vis de la thrombine de Mammifères.* Note (*) de M. **Méjer Burstein**, transmise par M. Léon Binet.

Il est connu que la thrombine bovine coagule plus vite le plasma de Mammifères que celui de la Poule. Bien plus, le plasma de Poule exerce un effet antagoniste, et allonge le temps de thrombine du plasma de Mammifères [1].

Il résulte de nos expériences que l'inhibiteur présent dans le plasma d'oiseau n'agit pas dans le cas où le fibrinogène a été préalablement modifié par le chauffage du plasma. La thrombine a été préparée à partir du plasma humain par la méthode de Mellanby [2]. Suivant les échantillons, le temps de coagulation (temps de thrombine) était de 4 à 7 secondes pour le plasma humain, de 15 à 30 secondes pour le plasma d'Oie et de 50 à 90 secondes pour le plasma de Poule ($0^{cm^3},2$ plasma citraté à $4\,^0/_{00} + 0^{cm^3},1$ thrombine à 20°). Il est facile de constater que le plasma d'oiseau allonge le temps de thrombine du plasma humain, et que l'effet est d'autant plus net que la thrombine est plus diluée.

Voici une expérience à titre d'exemple (les chiffres indiquent le temps de thrombine en secondes).

Concentration de la solution de thrombine.	Plasma humain (A).	Plasma d'Oie (B).	0,9 A + 0,1 B.	0,8 A + 0,2 B.	0,7 A + 0,3 B.	0,6 A + 0,4 B.
1/1	6	25	11	17	23	25
1/5	16	60	30	42	50	58
1/10	28	110	45	65	85	110

Or, lorsqu'on chauffe au préalable le plasma humain 12 minutes à 49°, le temps de thrombine n'est plus modifié en présence du plasma d'oiseau. Cela

(*) Séance du 11 septembre 1950.

(1) W. Seegers et H. P. Smith, *Amer. J. Phys.*, 137, 1942, p. 348.

(2) *Proc. Roy. Soc. London*, B, 113, 1933, p. 93.

ne peut pas s'expliquer par la destruction d'un cofacteur thermolabile; en effet, le mélange à parties égales du plasma non chauffé et du plasma chauffé se comporte de la même façon.

Voici une expérience à titre d'exemple. (Les chiffres indiquent le temps de thrombine en secondes.)

	Plasma humain		Plasma d'Oie		Mélanges			
Concentration de la solution de thrombine.	non chauffé (A).	chauffé 12m à 49° (B).	non chauffé (C).	chauffé 12m à 51° (D).	0,5 A + 0,5 C.	0,5 B + 0,5 C.	0,25 A + 0,25 B + 0,50 C.	0,5 C + 0,5 D.
1/1.......	6	6	20	6	20	6	7	6
1/5.......	19	18	55	17	52	20	21	18
1/10......	32	30	100	28	105	33	34	30

Il résulte de cette expérience que le fibrinogène humain a été modifié au cours du chauffage et que, de ce fait, l'inhibiteur présent dans le plasma d'oiseau ne peut plus agir. Cette expérience montre en plus que le chauffage modifie également le comportement du fibrinogène d'oiseau. En effet, lorsqu'on chauffe le plasma d'Oie 12 minutes à 51°, le temps de thrombine devient de l'ordre de 5 à 7 secondes (au lieu de 15 à 30 secondes). Ce raccourcissement ne s'explique pas par la thermolabilité de l'inhibiteur, puisque le mélange à parties égales du plasma chauffé et non chauffé coagule dans le même délai que le plasma chauffé seul.

L'effet du chauffage est d'autant plus net que le temps de thrombine est plus allongé. Ceci est le cas lorsqu'on utilise une thrombine diluée (expérience précédente) ou lorsqu'on ajoute des anticoagulants qui s'opposent à l'insolubilisation du fibrinogène par la thrombine.

Voici une expérience à titre d'exemple :

Temps de thrombine en secondes de plasma citraté d'Oie, chauffé et non, en présence de quelques anticoagulants.

Quantité de la solution d'anticoagulant ajoutée à 1cm³ du plasma.	(*).	NaCl à 20 %.	$(NH_4)_2SO_4$ à 20 %.	$K_4Fe(CN)_6$ à 10 %.	Urée à 30 %.	Héparine à 1 ‰.	$KMnO_4$ à 2,5 ‰.
0cm³10.......	—	65	40	60	65	60	45
	+	12	11	10	14	8	9
0cm³20.......	—	120	85	100	>120	>120	>120
	+	15	14	14	20	10	18

(*) Plasma non chauffé (—). Mélange 1/1 plasma non chauffé et plasma chauffé 12 minutes à 51° (+).

On admet actuellement à la suite de Apitz [3] qu'il se forme au cours de la

---

(3) *Z. Ges. Exp. Med.*, **101**, 1937, p. 552; **102**, p. 202.

coagulation une substance intermédiaire entre le fibrinogène et la fibrine, qui est la profibrine. Cette dernière prendrait naissance également après chauffage du plasma. Il semble donc que l'inhibiteur du plasma d'oiseau s'oppose à la transformation du fibrinogène en profibrine, en présence de la thrombine de mammifères.

La profibrine une fois formée, à la suite du chauffage, le plasma d'oiseau ne peut plus empêcher l'action ultérieure de la thrombine de Mammifères. En résumé, le plasma d'oiseau contient une antithrombine de Mammifères qui interviendrait dans la transformation du fibrinogène en profibrine.

Notons encore que l'antagoniste du plasma d'Oie fait partie de la fraction des globulines, qu'il est détruit à 56°, que son effet est immédiat, qu'il n'est pas absorbé par le charbon, l'alumine, l'amiante, le phosphate tricalcique, et qu'il n'existe pas dans le sérum des oiseaux, étant probablement fixé par le caillot. (Sérum obtenu après coagulation spontanée ou après adjonction de thrombine au plasma).

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Rôle du cerveau au cours de la métamorphose de* Calliphora erythrocephala *Meig*. Note (*) de M. **Bernard Possompès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'ablation du système nerveux, effectuée durant la période d'alimentation facultative chez une larve du troisième stade de *C. erythrocephala*, entraîne, ainsi que je l'ai déjà signalé [1], le maintien de l'état larvaire malgré la présence de l'anneau de Weismann. L'expérience montre, en outre, que, l'alimentation strictement obligatoire achevée, le système nerveux n'est plus nécessaire à l'accomplissement des fonctions larvaires de nutrition.

J'ai, par ailleurs, constaté [2] qu'un seul anneau de Weismann, prélevé sur une larve très jeune du troisième stade ou sur une larve des deux stades précédents, ne peut induire le développement imaginal chez une larve *permanente* réalisée par ablation de son propre anneau de Weismann. Une seule glande en anneau issue d'une larve âgée du troisième stade se révèle cependant active.

Les faits brièvement exposés ci-dessus suggèrent l'idée d'une action cérébrale activatrice s'exerçant sur l'anneau de Weismann, hypothèse dont la vérification fait l'objet de la présente Note.

J'ai opéré sur des larves âgées du troisième stade dont le jabot, distendu par les aliments, atteint son volume maximum. Ces animaux, en état de nutrition intense, reçoivent un implantat de nature variable; celui-ci poursuit son évolution, s'accroît, est ultérieurement colonisé par un abondant chevelu trachéen si l'hôte se métamorphose et demeure

---

(*) Séance du 11 septembre 1950.

(1) *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 73, 1948, p. 100-102.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 409-411.

ainsi physiologiquement vivant durant toute la vie de l'hôte. Les larves ainsi pourvues d'un *greffon à action durable* sont ensuite privées de leur propre anneau de Weismann à un âge où la métamorphose exige encore la présence de cet organe. L'évolution ultérieure de telles larves est évidemment fonction de l'activité de l'implantat.

Quatre types d'implantats prélevés sur des larves de divers âges des premier et deuxième stades et sur des larves très jeunes du troisième stade ont été utilisés.

1. *Anneaux de Weismann isolés.* — Les glandes en anneau implantées se sont révélées inactives dans la grande majorité des cas (87,5%). Quand elles parviennent à déclencher la métamorphose, celle-ci se manifeste dans un délai relativement long (11 à 21 jours après l'ablation).

2. *Cerveaux.* — Les cerveaux n'ont jamais induit le développement imaginal (survie de l'hôte à l'état larvaire se prolongeant jusqu'à 30 jours après l'ablation). Chez la larve de *Drosophila* ligaturée avant la période critique, M. Vogt a déjà montré ([3]) que l'implantation de cerveaux n'entraîne jamais la métamorphose de la partie postérieure.

3. *Anneaux de Weismann et cervaux unis par leurs connexions anatomiques normales.* — Les implantats ainsi constitués déclenchent la métamorphose chez la plupart des animaux opérés (66,66%, par exemple, dans une série) et l'hôte se transforme généralement en une nymphe à tête plus ou moins complètement dévaginée. Dans trois cas, j'ai obtenu un *imago achevé parfaitement constitué.* Les implantats ici utilisés sont donc susceptibles de conduire la morphogenèse imaginale jusqu'à son terme chez des animaux par eux-mêmes incapables de dépasser le stade larvaire.

4. *Couples anneau de Weismann-cerveau libérés au préalable de leurs connexions réciproques.* — Les larves pourvues de tels implantats amorcent leur métamorphose dans une minorité de cas seulement (11%).

Les résultats de ces expériences permettent de conclure que, chez *C. erythrocephala,* un stimulus initial né dans le cerveau active l'anneau de Weismann et plus spécialement les grandes cellules glandulaires composant la glande péritrachéenne. Ces cellules à leur tour sécrètent un facteur induisant la métamorphose et conduisant celle-ci jusqu'à la réalisation de l'imago. Je ne puis encore préciser le mécanisme, nerveux ou humoral, de cette activation d'origine cérébrale. Les expériences du quatrième type, réalisées dans ce but, ne diffèrent pas dans leurs résultats des expériences du premier type. Peut-être, dans les deux cas, une glande en anneau faiblement active parvient-elle, à la longue, à réaliser une teneur efficace en hormone. Une action possible du cerveau de l'hôte n'est pas à envisager, car la destruction d'un ou des deux ganglions cérébroïdes ne modifie en rien les résultats.

Ces faits rappellent l'activation, mise en évidence par Williams, de la glande prothoracique par les cellules neuro-sécrétrices du cerveau chez le *Platysamia cecropia;* dans ce dernier cas, le cerveau agit incontestablement par voie hormonale. Wigglesworth attribue aux cellules neuro-sécrétrices du protocerebron de *Rhodnius prolixus* la sécrétion de

---

([3]) *Naturwiss.*, 30, 1942, p. 470-471.

l'hormone déclenchant les mues; cette hormone protocérébrale n'agirait-elle pas de façon similaire en stimulant une glande de situation post-céphalique non entraînée par la décapitation? Le cerveau de la larve de *C. erythrocephala* possède également des cellules neuro-sécrétrices de signification fonctionnelle probablement comparable. La démonstration de leur mode d'action nécessite de nouvelles expériences.

La séance est levée à 15^h45^m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 24 juillet 1950.)

Note présentée le 10 juillet 1950, de M. *Paul Becquerel*, La suspension de la vie au-dessous de 1/20°K absolu par démagnétisation adiabatique de l'alun de fer dans le vide le plus élevé :

Page 263, 24e et 25e lignes, *au lieu de* ces, *lire* ses.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 SEPTEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur COSTANTINO GORINI (1865-1950), par M. **MAURICE JAVILLIER**.

COSTANTINO GORINI est né à Rimini le 9 janvier 1865. Docteur en Médecine en 1890, il devient agrégé d'Hygiène à l'Université de Pavie en 1894 et Microbiologiste aux laboratoires de la Direction générale de la Santé à Rome. Il est appelé en 1902 à occuper, à l'École Supérieure d'Agriculture de l'Université de Milan, la chaire nouvellement créée d'Hygiène et Bactériologie. Il a occupé avec maîtrise cette chaire durant 35 ans.

Gorini, grand citoyen de son pays, avait aussi pour le nôtre un attachement profond qu'il savait exprimer, même en des temps où s'obscurcissait entre deux grands peuples une amitié qui a tant de raisons de prévaloir sur tous autres sentiments.

Au reste, il était venu demander à la France un complément de formation intellectuelle. Il avait fréquenté l'Institut Pasteur, l'Institut national agronomique, le Conservatoire des Arts et Métiers, l'École vétérinaire d'Alfort; il avait trouvé, notamment auprès d'Em. Duclaux et d'A.-Th. Schlœsing, certaines orientations de pensée. Il est toujours resté en rapport avec bien des savants français : Chauveau, Blanchard, Roux, Calmette, Richet, Maquenne, Porcher, etc., et, lors de ses voyages, il ne manquait pas, il y a peu d'années encore, de rendre visite à ses Collègues parisiens.

Il était d'ailleurs volontiers voyageur, connaissait la plupart des pays d'Europe et les États-Unis d'Amérique.

Ses travaux scientifiques sont polarisés dans un sens bien déterminé. Il s'occupe des microbes du lait, de leur morphologie, de leur culture, mais surtout de leur physiologie, de leur biochimie et de leur classification.

Il transpose ses travaux, conduits suivant les meilleures méthodes et foisonnant d'idées originales, dans le domaine de la technique, et il rend

par là les meilleurs services aux Industries agricoles en même temps qu'à la Science.

Parmi ses plus intéressants travaux, comptent ceux qui l'ont conduit à l'isolement et à la connaissance des particularités de certains *Cocci* qui se comportent en ferments lactiques, c'est-à-dire donnent de l'acide lactique à partir du lactose, mais qui attaquent aussi la caséine coagulée et lui font subir une protéolyse en milieu acide. C'était une constatation nouvelle, les protéases microbiennes étant alors considérées comme des diastases ne fonctionnant qu'en milieu neutre ou alcalin, c'est-à-dire comme étant des tryptases.

Ces *Cocci* sont toujours présents dans les canaux des trayons des vaches laitières et dans le lait. Il est impossible d'obtenir du lait qui en soit indemne. Dans les circonstances usuelles, ces saprophytes sont sans importance pour la vache laitière; ils peuvent cependant causer parfois des mammites.

Ces ferments lacto-protéolysants (acido-protéolytes) ne représentent pas une espèce unique. Il y a plusieurs espèces ou plutôt plusieurs races, que Gorini s'est plu à dissocier en divers types et sous-types. Dans cette classification, il a naturellement fait jouer un rôle aux caractères biochimiques.

Ce fut d'ailleurs une des fructueuses idées de M. Gorini que de toujours faire participer à la classification les caractères biochimiques des bactéries, la connaissance de leurs enzymes, des facteurs activants ou inhibiteurs de ceux-ci, des conditions de leur mise en liberté. Il fut un des premiers à signaler l'existence de présures microbiennes et à les différencier de la présure animale (Présures du *B. prodigiosus*, du *B. coli* et du Bacille d'Eberth, etc.).

M. Gorini a établi l'existence dans le lait de vache de bactéries thermophiles (*B. lactis thermophilus*), de bactéries asporogènes thermorésistantes, de bactéries chromogènes noircissantes du lait (*B. lactis niger*).

Il a étudié le *pouvoir envahissant* des bactéries par cultures grimpantes, qu'il s'agisse de bactéries habituellement mobiles, ou qu'il s'agisse de formes mobiles de bactéries habituellement immobiles; il a usé de ce caractère pour faire certaines séparations d'espèces.

Il a de même étudié la phase filante de jeunesse des ferments lactiques et la dissociation physiologique de races microbiennes par des divergences cellulaires normales.

Bactériologue, il ne pouvait pas ne point rencontrer certains problèmes intéressant l'Hygiène et la Médecine. Dans cet ordre d'idées, prennent place des travaux sur le virus vaccinal et la vaccination jennerienne; sur le contrôle biologique du vaccin; sur la flore microbienne de la mamelle normale ou pathologique; sur les incidences de l'alimentation sur la fermentescibilité des laits; sur le choléra, la morve, le charbon, la fièvre typhoïde, etc.

Il savait au reste s'élever à des problèmes généraux, par exemple à l'étude de l'influence, chez les bactéries, de la vie parasitaire sur le pouvoir protéolytique.

Attaché à des problèmes intéressant si étroitement l'agronomie, il ne pouvait pas ne point passer de la théorie ou de l'expérience de laboratoire, à la pratique, à la technologie industrielle. C'est ce qu'il a réalisé avec un parfait bonheur.

Une de ses idées essentielles est que la connaissance approfondie des propriétés biochimiques des microbes doit nous permettre de les discipliner pour les fins qui nous intéressent. Ainsi discipline-t-il les ferments du lait en vue d'améliorer la fabrication des fromages; il change même parfois la technique courante pour aboutir à des produits plus constants et de qualité supérieure. Il en est ainsi pour le Parmesan, qu'il fait fabriquer en pasteurisant préalablement le lait, puis l'ensemençant avec des cultures pures de certains ferments lactiques et assurant enfin la bonne maturation.

Il applique ses connaissances aux problèmes de la production hygiénique du lait pur, de la conservation et de l'ensilage des fourrages, de l'obtention des fibres textiles, du tannage. En pathologie animale même, ses études trouvent des applications à la connaissance de l'évolution des maladies infectieuses, au traitement des malades, à la prophylaxie, à l'immunisation.

L'œuvre patiente de Gorini intéresse ainsi l'Économie rurale sur divers plans. C'est bien ce qu'avait estimé la Section de ce nom de notre Académie lorsque, dès 1919, elle attirait votre attention sur son nom. Les circonstances ont fait cependant qu'il n'est devenu Correspondant de notre Compagnie qu'en janvier 1939.

Entre temps, vous l'aviez honoré par l'attribution du prix Bellion (1914) et du prix Philipeaux (1922).

Par ailleurs, il était lauréat de la « R. Accademia dei Lincei » (prix Santoro 1911), de l'Académie d'Agriculture de France (médaille d'or, 1923). Il appartenait, à divers titres, à maintes Académies et Sociétés d'Agriculture, de Médecine et de Sciences de sa Patrie (Milan, Turin, Florence), de France (Académie d'Agriculture, Société de Biologie, Académie vétérinaire) et d'autres pays (Allemagne, Russie, Belgique, Tchécoslovaquie, Suède, États-Unis d'Amérique, Mexique).

Les Revues spécialisées, les *Comptes rendus des Congrès internationaux de Laiterie* et aussi de grands périodiques scientifiques (*Comptes rendus de l'Académie des Lincei; Comptes rendus de l'Académie des Sciences et Lettres de Lombardie; Comptes rendus* de notre Académie des Sciences) accueillaient ses publications.

C'est un grand travailleur, d'une persévérance sans égale dans ses travaux comme dans ses ambitions, un bon serviteur de la Science et de la Technique, un ami fidèle, que nous venons de perdre. L'Académie salue sa mémoire. Elle présente à Mme Gorini, à tous les proches du disparu, à l'Université qu'il a honorée et à son Pays, le témoignage de ses regrets.

GÉOMÉTRIE DES ENSEMBLES. — *Le théorème de Vitali.*
Note de M. **Arnaud Denjoy.**

La démonstration donnée dans la Note du 17 septembre pour établir un *véritable* théorème de Vitali, n'exige nullement que les ensembles ω recouvrant indéfiniment, relativement à une métrique-φ, un ensemble H soient ouverts ni que leurs parties γ soient fermées. Il suffit que les ensembles γ soient mesurables-φ. L'ensemble H est lui-même mesurable-φ. L'espace n'a pas besoin d'une topologie.

Dans la démonstration terminant notre Note du 17 septembre dernier, les hypothèses que les ensembles ω soient ouverts et les γ fermés n'interviennent pas. Il suffit que ces ensembles soient mesurables-φ. Voici donc comment nous généralisons le théorème de Vitali.

Théorème. — *Données : Un espace* U où est définie une *fonction d'ensemble non négative, complètement additive* $\varphi(E)$; dans U, une famille P d'*ensembles* ω *de mesure-*φ déterminée, *positive* et *finie*. On considère *l'ensemble* H *des points* M de U *indéfiniment couverts par la famille* P, *relativement à la métrique-*φ. Ce sont les points appartenant à une suite d'ensembles ω_n (suite propre au point M en question) dont la mesure $\varphi(\omega_n)$ tend vers zéro. Enfin, *dans chaque* ω *de* P, est donné *un ensemble* γ, *mesurable-*φ, noté $\gamma=\gamma(\omega)$, de même que $\omega=\omega(\gamma)$; G désigne la famille des γ.

Hypothèses. — 1° *Il existe deux nombres* a *et* b $(1<a<b)$ *indépendants de* ω, *tels que la réunion* $\Omega(\gamma)$ *des* $\omega(\gamma')$ *joints* à $\gamma=\gamma(\omega)$, *avec la condition* $\varphi(\gamma')<a\varphi(\gamma)$, *a sa mesure* $\varphi[\Omega(\gamma)]$, ou tout au moins sa mesure extérieure-φ, *inférieure à* $b\,\varphi(\gamma)$. [En conséquence, $\varphi[\omega(\gamma)]<b\varphi(\gamma)$].

2° *L'ensemble* $\rho(\gamma)$ *des points étrangers à* γ *et indéfiniment couverts* (relativement à la métrique-φ) *par les* $\omega(\gamma')$ *liés à* γ, *a sa mesure-*φ *égale à zéro.* Évidemment $\rho(\gamma)$ est dans H.

3° *La réunion* D *des ensembles* γ *a sa mesure-*φ (ou tout au moins sa mesure extérieure) *finie.*

Conclusion. — *Il existe dans la famille* G *une collection dénombrable* γ_1, γ_2, ..., γ_i, ..., *d'ensembles* disjoints γ_i *tels que, si* Γ *désigne leur réunion,* $\varphi(\text{H-H}.\Gamma)=0$.

En somme le sens du théorème est le suivant : étant donnée une famille d'ensembles mesurables ω, si chacun de ces ω contient une partie $\gamma=\gamma(\omega)$ dont la mesure surpasse une fraction fixe de la mesure de cet $\omega=\omega(\gamma)$ et si tout γ est suffisamment isolé des ω' distincts de $\omega(\gamma)$, si d'autre part la mesure de la réunion des γ est finie, l'ensemble indéfiniment couvert par les ω (relativement à la métrique envisagée) est couvert, à un ensemble de mesure nulle près, par une collection dénombrable d'ensembles γ disjoints.

Les deux premières hypothèses ne suffisent pas à justifier la conclusion, même si $\varphi(\text{H})$ *est fini.* L'exemple suivant le prouve.

Dans le plan des xy où $z = x + iy = re^{i\theta}$, la mesure adoptée étant l'aire euclidienne, soit C le cercle $r < 1$ ouvert, et ε_n une suite de nombres tendant vers zéro, tous inférieurs à 1/4. Nous formons une famille P d'ensembles ω, se décomposant en une série de familles P_n. Si ω est dans P_n, ω est la réunion de deux cercles, l'un de centre $M(re^{i\theta})$ quelconque dans $C(r < 1)$, l'autre de centre $N[(r + 2n)e^{i\theta}]$, le rayon des deux cercles étant égal à ε_n. Le second cercle, de centre N, est par définition la partie $\gamma = \gamma(\omega)$ du couple ω.

L'ensemble H indéfiniment couvert par les ω de P est le cercle fermé $\overline{C}(r \leq 1)$. Son aire est finie. Les ω' joints au cercle $\gamma = \gamma(\omega)$ sont tous dans la même série P_n que ω. Ils sont compris dans deux cercles de rayon $3\varepsilon_n$ respectivement concentriques aux deux cercles constituant ω; il suit de là que l'aire de $\Omega(\gamma)$ est inférieure à 18 fois l'aire de γ et que $\rho(\gamma)$ n'existe pas. Les deux premières hypothèses du théorème sont donc vérifiées. D'autre part, la conclusion en est fausse, puisque les γ étant tous disjoints de H, ce dernier ne peut pas être couvert avec une collection dénombrable de γ, à un ensemble d'aire nulle près.

Mais la troisième hypothèse est mise en défaut. Car la réunion des γ est identique à celle des couronnes $(2n - \varepsilon_n < r < 2n + 1 + \varepsilon_n)$. Cet ensemble a évidemment une aire infinie.

Corollaires (les données et les hypothèses restant celles du théorème).

I. *L'ensemble* H *est inclus dans* D, *à un ensemble de mesure-*φ *nulle près.*

H-H.D est inclus dans H-H.Γ, puisque $\Gamma \subset$ D. Or φ(H-H.Γ) = 0.

II. *L'ensemble* H *indéfiniment couvert par les* ω *excède au plus d'un ensemble de mesure-*φ *nulle l'ensemble* Δ *indéfiniment couvert par les* γ, *et les ensembles* H, Δ *sont mesurables-*φ.

Évidemment $\Delta \subset$ H, puisque tout γ est dans un $\omega = \omega(\gamma)$ dont la mesure $\varphi(\omega)$ est inférieure à $b\varphi(\gamma)$.

Soit η_n un nombre positif tendant vers 0 quand n croît, G_n la famille des γ vérifiant $\varphi(\gamma) < \eta_n$, $\Gamma_n = \Sigma\gamma_i^n$ l'ensemble réunissant les γ_1^n, γ_2^n, ... de G_n, disjoints, et tels que, si H-H.$\Gamma_n = R_n$, on trouve $\varphi(R_n) = 0$; Γ_n est mesurable-φ, avec $\varphi(\Gamma_n) = \sum_i \varphi(\gamma_i^n)$.

L'ensemble Δ' commun aux Γ_n est donc mesurable-φ. Or un point de cet ensemble appartient à un ensemble γ_i^n de mesure-φ inférieure à η_n, pour chaque valeur de n. Donc Δ' est dans Δ et $\Delta' \subset \Delta \subset$ H.

Soient d'autre part : S = ΣR_n et Q = H − S. De $\varphi(R_n) = 0$, résulte $\varphi(S) = 0$. Quel que soit n, tout point de Q est dans H et étranger à R_n, donc il est dans Γ_n; Q est dans Δ', en sorte que H $\subset \Delta'$ + S. En conséquence, Δ' étant mesurable, il en est de même de H et de Δ, qui ont même mesure que Δ'.

Observons enfin que : 1° *il n'est pas nécessaire de supposer que les* ω *soient mesurables-*φ. *Seuls les* γ *doivent l'être.*

φ_e désignant une *mesure extérieure-*φ, on peut remplacer partout ci-dessus $\varphi(\omega)$ par $\varphi_e(\omega)$. Cette remarque donne plus d'intérêt au corollaire II.

2° *Aucun caractère topologique n'est exigé de l'espace* U.

Le théorème faisant l'objet de cette Note et qui englobe celui de Vitali, doit permettre d'étendre à des espaces très généraux les applications innombrables de la célèbre proposition due au grand géomètre italien. Je souhaite que le zèle des chercheurs s'exerce avec fruit sur ces intéressants sujets.

M. **Pierre Teilhard de Chardin** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage polycopié intitulé : *Le groupe zoologique humain. Structure et directions évolutives.*

M. **Frederic Riesz** adresse le tome XII, partie A des *Acta scientiarum mathematicarum*, publié à Szeged, à l'occasion du soixante-dixième anniversaire de sa naissance et de celle de M. Leopold Fejér.

M. **Théodore Monod** fait hommage d'un Mémoire intitulé : *Études sur la Flore et la Végétation du Tibesti*, publié en collaboration avec M. **René Maire**, dans les *Mémoires de l'Institut français d'Afrique Noire*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre des Travaux publics, des Transports et du Tourisme** invite l'Académie à lui désigner un de ses membres qui fera partie du Conseil supérieur de la Météorologie, créé par le décret du 19 juillet 1948.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an* 1951, publiée par le Bureau des Longitudes.

2° *Les gisements de plomb et de zinc en Tunisie*, par A. Granottier et P. Sainfeld.

3° Ray Society. *British water beetles*, par Frank Balfour-Browne. Vol. II.

4° Alexander Lipschutz. *Steroid Hormones and Tumors*.

5° Frederick D. Rossini. *Chemical Thermodynamics*.

6° R. W. Van Bemmelen. *The Geology of Indonesia*. Vol. IA : *General geology*. Vol. IB : *Portfolio*. Vol. II : *Economic geology*.

7° Ministerio da agricultura. Divisão de águas. *Atlas pluviométrico do Brasil* (1914-1938), par Francisco Eugênio Magarinos Torres et Armando Mortera.

ALGÈBRE. — *Sur certains polynomes introduits par Tchebichef.* Note (*) de M. **Hubert Delange**, présentée par M. Paul Montel.

Tchebichef [1] a proposé une méthode de calcul approché des intégrales définies qui consiste à remplacer l'intégrale $\int_{-1}^{+1} f(x)\,dx$ par

(*) Séance du 16 août 1950.

[1] *Journ. de Math.*, 1874, p. 19-34.

$H[f(x_1)+f(x_2)+\ldots+f(x_n)]$, où la constante H et les abscisses $x_1, x_2, \ldots, x_n$ sont déterminées de façon que la formule soit exacte lorsque f est un polynome de degré n. Ceci conduit à prendre $H=2/n$ et $x_1, x_2, \ldots, x_n$ égaux aux racines d'un certain polynome P_n que l'on peut définir de la façon suivante :

Considérons, dans le plan coupé suivant le segment $[-1, +1]$, la branche de la fonction

$$\exp\left[\frac{1+z}{2}\log(z+1)+\frac{1-z}{2}\log(z-1)-1\right]$$

obtenue en partant des valeurs réelles de $\log(z-1)$ et $\log(z+1)$ pour z réel >1, et désignons-la par $\varphi(z)$. Alors, on a pour $|z|>1$,

$$\varphi(z)^n=P_n(z)+\sum_{j=1}^{+\infty}\frac{\alpha_j^{(n)}}{z^j}.$$

Il est clair que la méthode ne peut s'appliquer qu'aux valeurs de n pour lesquelles ce polynome P_n a tous ses zéros réels et dans l'intervalle fermé $[-1, +1]$.

Radau ([2]) avait déjà observé que ceci n'a pas lieu pour $n=8$, et des calculs récents de M. Mayot ([3]) montrent qu'il en est de même pour $10\leqq n\leqq 21$.

Nous avons étudié la distribution asymptotique des zéros de P_n pour n infiniment grand. On arrive au résultat suivant :

Quand n tend vers $+\infty$, tous les zéros de P_n autres que l'origine, qui est un zéro lorsque n est impair, vont s'accumuler sur une certaine courbe (C) qui a l'allure d'une ellipse, le grand axe étant le segment $[-1, +1]$ et le demi-petit axe ayant pour longueur 0,52552. Mais, aux sommets du grand axe, le rayon de courbure est nul.

Nous voulons dire par là qu'à tout ε positif correspond un entier $N(\varepsilon)$ tel que, pour $n\geqq N(\varepsilon)$, d'une part, tous les zéros de P_n autres que l'origine sont à une distance de (C) au plus égale à ε, d'autre part, tout cercle de rayon ε centré sur (C) contient des zéros de P_n.

En fait on peut encore ajouter que, si à chaque polynome P_n on fait correspondre une distribution de masse μ_n obtenue en plaçant sur chaque zéro une masse égale à $1/n$ multiplié par son ordre de multiplicité, la suite de ces distributions de masse converge vers une distribution μ portée par la courbe (C).

(C) est le lieu des points où $|\varphi(z)|=2/e$ (plus les points $+1$ et -1). Dans la distribution de masses μ, la masse que porte l'arc de (C) défini par $\alpha\leqq \operatorname{Arg}\varphi(z)\leqq\beta$, où $\alpha<\beta<\alpha+2\pi$, est égale à $(\beta-\alpha)/2\pi$.

On pourrait dire aussi que (C) est le lieu des points où le potentiel loga-

---

([2]) *Journ. de Math.*, 1880, p. 283-336, en particulier p. 323.

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 429-430.

rithmique produit par des masses réparties sur le segment $[-1, +1]$ avec une densité linéaire constante a la même valeur qu'aux extrémités de ce segment, et que μ est la distribution de masses portée par (C), de masse totale 1, qui produit à l'intérieur de (C) un potentiel constant.

Nous obtenons ces résultats de la façon suivante :

I. En utilisant les méthodes du calcul des résidus, on obtient des expressions de $P_n(z)$ sous forme d'intégrales, d'où l'on déduit des expressions asymptotiques pour n infiniment grand :

α. *A l'extérieur du segment* $[-1, +1]$, on a

$$P_n(z) = \varphi(z)^n + \frac{2^{n+1} e^{-n}}{n(\log n)^2}\left[\frac{1}{z-1} + \frac{(-1)^{n+1}}{z+1}\right][1+\varepsilon_n(z)], \tag{1}$$

$\varepsilon_n(z)$ tendant vers zéro uniformément dans tout domaine dont la distance au segment $[-1, +1]$ est positive.

α. *A l'intérieur de* (C), on a

$$P_n(z) = \frac{2^{n+1} e^{-n}}{n(\log n)^2}\left[\frac{1}{z-1} + \frac{(-1)^{n+1}}{z+1}\right][1+\varepsilon_n^*(z)], \tag{2}$$

$\varepsilon_n^*(z)$ tendant vers zéro uniformément dans tout domaine dont la distance à (C) est positive.

II. (1) et (2) montrent que, pour n assez grand, P_n n'a plus de zéros autres que l'origine à une distance de (C) supérieur à ε.

On voit d'autre part que $(1/n)\log|P_n(z)|$ tend vers $\log|\varphi(z)|$ à l'extérieur de (C) et vers $\log 2 - 1$ à l'intérieur de (C), sauf à l'origine. Il en résulte ([1]) que la suite des distributions de masses μ_n définies plus haut converge vers une distribution limite μ, qui est justement celle que nous avons indiquée.

On pourrait aussi déterminer asymptotiquement le nombre de zéros de P_n voisins d'un arc donné de (C), ne contenant ni l'un ni l'autre des points $+1$ et -1, en déterminant, à l'aide de la formule (1), la variation de l'argument de $P_n(z)$ quand z décrit un contour convenablement choisi, formé de deux arcs sur lesquels $|\varphi(z)| = \text{const.}$ et deux arcs sur lesquels $\text{Arg}|\varphi(z)| = \text{const.}$ Le nombre de zéros voisins d'un arc contenant l'un des points $+1$ et -1 s'obtiendrait ensuite par différence.

([1]) *Cf.* H. Delange, *Annales scientifiques de l'E. N. S.*, 1939, p. 173-275. *Voir* en particulier le théorème de la page 264 et la remarque première de la page 270.

COSMOLOGIE RELATIVISTE. — *Sur le mouvement général de la matière à échelle cosmologique.* Note (*) de M. **Antonio Giao**, présentée par M. Louis de Broglie.

On considère un ds^2 qui est la généralisation la plus naturelle du ds^2 de De Sitter. La matière qui correspond à cet univers est animée d'un mouvement rotationnel, ce qui pourrait être l'explication relativiste du fait que toutes les grandes masses (galaxies) sont en rotation.

Nous avons montré récemment ([1]) que les équations de Gauss d'une hypersurface, associées aux équations du champ gravifique, conduisent à admettre que l'espace-temps est une hypersphère de De Sitter légèrement déformée. Soit $P_S = P_S^0 \cosh(x^4/P_S^0)$ le rayon de l'Univers de De Sitter sous la forme de Lanczos. Étant donnée la formule bien connue du ds^2 de cet Univers, il est naturel de considérer un espace-temps dont le ds^2 puisse être mis sous la forme

$$(1)\qquad ds^2 = (dx^4)^2 - P^2(x^1, x^2, x^3, x^4)\{(dx^1)^2 + \sin^2 x^1[(dx^2)^2 + \sin^2 x^2 (dx^3)^2]\},$$

la différence $P(x^1, x^2, x^3, x^4) - P_S(x^4)$ étant une petite quantité. Cherchons, par les équations du champ gravifique

$$(2)\qquad R_k^i - \frac{1}{2}(R + \lambda_g)g_k^i = -\frac{8\pi K}{c^2} T_k^i$$

(K constante newtonienne de la gravitation), la densité d'énergie-impulsion qui correspond à cette petite déformation de l'hypersphère vide de De Sitter. Soit $\vec{T}_4$ le vecteur contrevariant d'espace de composantes (T_4^1, T_4^2, T_4^3), ∇ l'opérateur gradient spatial et Δ_S le laplacien spacial. En appliquant à (1) les formules de Dingle ([2]) on trouve

$$(3)\qquad \frac{4\pi K}{c^2}\vec{T}_4 = \frac{1}{P^2}\left[P\nabla\left(\frac{\partial P}{\partial x^4}\right) - \left(\frac{\partial P}{\partial x^4}\right)\nabla P\right],$$

$$(4)\qquad \frac{8\pi K}{c^2}T_4^4 = \frac{1}{2}\lambda_g + \frac{3}{P^2}\left[\left(\frac{\partial P}{\partial x^4}\right)^2 + 1\right] - \frac{2}{P}\Delta_s P + \frac{1}{P^2}(\nabla P)^2 - \frac{4}{P^3}\left(2\cot x^1 \frac{\partial P}{\partial x^1} + \frac{\cot x^1}{\sin^2 x^1}\frac{\partial P}{\partial x^2}\right).$$

La vitesse $V^i \equiv c\,dx^i/ds$ du mouvement général de la matière à échelle cosmologique qui correspond à ces T_4^i $(i = 1, 2, 3, 4)$ est donnée par $\mu V^i V_4 \simeq c^2 T_4^i$, μ étant la densité de masse propre. On en déduit $V^j = T_4^j V_4/T_4^4$ (pour $j = 1, 2, 3$) et $\mu = c^2 T_4^4/V_4^2$, car on a d'après (1), $V_4 = V^4$. Si la vitesse cosmologique est petite par rapport à c on a $V_4 \simeq c$, de sorte que $\vec{V} = c\vec{T}_4/T_4^4$ et $\mu = T_4^4$. De (3)

(*) Séance du 18 septembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 812; **229**, 1949, p. 981.

([2]) *Cf.* Tolman, *Relativity, Thermodynamics and Cosmology*, p. 253-257.

on déduit donc

$$(5)\qquad \operatorname{rot}\vec{V} = \frac{c^3}{4\pi K (T_4^4)^2 P^2}\left[P\nabla\left(\frac{\partial P}{\partial x^4}\right) - \left(\frac{\partial P}{\partial x^4}\right)\nabla P\right] \times \nabla T_4^4 = \vec{V} \times \nabla(\log\mu).$$

Supposons que la matière dans l'Univers dont le ds^2 est donné par (1) corresponde exclusivement à l'écart entre l'expansion de cet Univers et l'expansion de l'Univers vide de De Sitter-Lanczos. Par suite de (4) et des propriétés de $P_S(x^4)$, on aura alors

$$(6)\qquad \frac{8\pi K}{c^2} T_4^4 = \frac{1}{2}\lambda_g + \frac{3}{P^2}\left[\left(\frac{\partial P}{\partial x^4}\right)^2 + 1\right].$$

de sorte que (5) devient

$$(7)\qquad \operatorname{rot}\vec{V} = \frac{3c^5}{16\pi^2 K^2 \mu^2 P^4}\left[\nabla\left(\frac{\partial P}{\partial x^4}\right) \times \nabla P\right].$$

De (3) et (7) on déduit : 1° que la matière qui correspond à (1) est au repos (dans le référentiel x^i) quand $\nabla(\partial P/\partial x^4) = (\partial \log P/\partial x^4)\nabla P$; 2° que la condition nécessaire et suffisante pour que le mouvement général soit irrotationnel s'écrit $\nabla(\partial P/\partial x^4) = a\nabla P$, a étant un scalaire quelconque. Comme ces conditions ne sont satisfaites que par des fonctions $P(x^i)$ très simples, on peut conclure que presque toutes les déformations de l'hypersphère de De Sitter s'accompagnent de matière en rotation. Nous avons là, semble-t-il, l'explication relativiste du fait fondamental de la rotation de toutes les grandes masses (galaxies) de l'Univers. En introduisant dans (7) les ordres de grandeur quasi cosmologiques $P = 10^{28}$ cm, $\mu \simeq 10^{-27}$ gr/cm^{-3}, on obtient $\text{Magn}\,|\operatorname{rot}\vec{V}| = 10^7.\text{Magn}\,|\nabla(\partial P/\partial x^4) \times \nabla P|$. Pour déterminer cet ordre de grandeur, remarquons que l'âge de la phase en expansion a l'ordre de grandeur 10^9 à 10^{10} années ([3]). De nos précédents résultats ([1]) sur la variation de la courbure moyenne de l'espace-temps on déduit $\text{Magn}\nabla P = 10^{-1} - 10^{-2}$. En admettant que les variations temporelles de ∇P pendant la phase en expansion sont de l'ordre de grandeur de ∇P lui-même, on obtient donc

$$\text{Magn.}\,|\operatorname{rot}\vec{V}| = 10^{-12} - 10^{-14}\ \text{sec}^{-1},$$

qui est l'ordre de grandeur de la vitesse de rotation des galaxies ([4]).

D'après (1) les mouvements analysés ici ne sont pas dus à la gravitation newtonienne, dont l'importance ne serait donc décisive qu'à échelle beaucoup plus petite.

([3]) *Cf.* par exemple, EINSTEIN, *The meaning of relativity*; MC VITTIE, *Cosmological Theory*; TOLMAN, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 374-378.

([4]) *Cf.* BOSLER, *Astrophysique*, p. 669; RUSSELL, DUGAN et STEWART, *Astronomy* (II), p. 943-945; HUBBLE, *Astroph. J.*, 79, 1934, p. 74.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Champ gravifique et magnétisme.*

Note (*) de M. **Augustin Maior**, présentée par M. Louis de Broglie.

J'ai montré ([1]), ([2]) qu'une charge matérielle en mouvement dans un champ gravifique, produit un courant de convection, accompagné naturellement d'un champ magnétique.

A la base de ma démonstration se trouvent les considérations suivantes :

MM. Sambursky et Schiffer ([3]) ont conçu, pour expliquer le déplacement vers le rouge des lignes spectrales des nébuleuses, un univers dans lequel la charge de l'électron, la constante de Planck et celle de la gravitation décroissent très lentement, tout en laissant invariable la constante de Sommerfeld $\alpha=(2\pi e^2)/(hc)$ pour assurer la stabilité quantique de l'édifice atomique.

Récemment M. Pascual Jordan a postulé aussi la décroissance de la constante de gravitation ([4]).

Ceci étant, en intégrant l'équation de Dirac, on trouve en particulier

$$(1)\qquad -\frac{1}{h}\frac{dt}{dh}=c\sqrt{\lambda},$$

où λ est la constante cosmologique.

C'est ainsi que M. H. Ertel ([5]) a vérifié sa relation entre les constantes *lentement variables*

$$(2)\qquad \sqrt{\lambda}=\mathcal{G}\frac{m_1^2 m_2 c}{\pi h e^2},$$

où m_1 est la masse du proton et m_2 celle de l'électron.

Dans mes recherches j'identifie l'énergie au point zéro absolu $\varphi=(h\nu_0)/2$ avec le potentiel gravifique au sens de W. Nernst ([6]). Avec $h\nu=mc^2$ on trouve pour la fréquence *caractéristique* de l'atome d'hydrogène, que nous prendrons comme fréquence étalon, ayant la valeur $\nu=0,75.10^{23}$. Le travail par unité de temps dans un champ gravitationnel $F=-(\mathcal{G}Mm)/r^2$ aura l'expression

$$(3)\qquad \frac{n\nu}{2}\frac{dh}{dt}=Fv.$$

(*) Séance du 19 juin 1950.

([1]) *Bull. Acad. Roum. Sec. Sc.*, **24**, n° 9.

([2]) *Bull. Acad. Roum. Sec. Sc.*, **27**, 1944, p. 171.

([3]) *Phys. Rev.*, **52**, 1937, p. 335 et **53**, 1938, p. 256.

([4]) *Nature*, **164**, 1949, p. 637.

([5]) *Quantenmechanisch relativistische Begründung des Zusammenhanges der universellen Konstanten* (*Naturwissensch.*, 1938, p. 499).

([6]) *Berichte der physikalischen Gesellschaft*, 1916, p. 83.

On a encore de (1), (2) et (3)

$$\frac{\mathrm{M}\,me^2\omega}{r} = \frac{\mathrm{M}\,mi^2}{r^2 v} = \frac{m_1^2 m_2 c^2}{4\pi} n\nu, \tag{4}$$

où $i = ev = er\omega$ et le courant de convection. Ici la charge élémentaire e s'introduit par les équations (1) et (2).

La formule (4) qui satisfait aux conditions d'homogénéité, m'a permis d'affirmer dans mon second Mémoire de 1944 ([2]), *qu'une charge matérielle en mouvement dans un champ gravifique présente aussi un courant de convection accompagné évidemment d'un champ magnétique.*

De l'étude de M. H. Ertel ([5]) on peut déduire

$$m_1 m_2 = 0,44.10^{-39}\frac{e^2}{\mathcal{G}} = 1,37.10^{-36}\frac{\alpha}{\mathcal{G}}, \tag{5}$$

où α est la constante de Sommerfeld.

On a ainsi de (4) avec $\alpha = 7,28.10^{-3}$ et $m_1 = 1,66.10^{-27}$

$$\frac{\mathrm{M}\,me^2\omega}{r} = 1,31.10^{-83}\frac{c^2}{\mathcal{G}} n\nu, \tag{6}$$

ν ayant la même signification que plus haut. On aura ainsi

$$\frac{\mathrm{M}\,m\mathfrak{M}^2}{r^5\omega} = \beta\frac{c^2}{\mathcal{G}}, \tag{7}$$

$\mathfrak{M}$ étant le moment magnétique de la charge e en rotation $\mathfrak{M} = (r^2 e\omega)/(2c)$ et β une constante caractéristique du corps en rotation à cause de $n\nu$.

Dans le cas d'un corps gravifique en rotation, la masse sera remplacée par une couche sphérique concentrique d'épaisseur dr. On trouve

$$\frac{\mathrm{M}^2 e^2\omega}{\mathrm{R}} = \frac{\mathrm{M}^2\mathfrak{M}^2}{\mathrm{R}^5\omega} = \gamma\frac{c^2}{\mathcal{G}}. \tag{8}$$

γ étant de même nature que β. Elles sont des constantes caractéristiques du corps respectif, comme la constante qui survient dans la formule empirique de M. P. M. Blackett.

Ces formules sont plus générales que celles de M. Blackett, parce qu'elles font intervenir toutes les constantes en jeu et ont une invariance relativiste, comme conséquence des équations de M. Dirac.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le calcul des fréquences propres des chaînes cycliques alternées.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Louis de Broglie.

Complétant les résultats d'un travail antérieur, on donne une méthode de calcul des fréquences propres des chaînes cycliques alternées.

En électricité peut se poser le problème du calcul des fréquences propres de réseaux constitués par une chaîne fermée de $n = 2m$ mailles indépendantes de deux types différents disposées alternativement; de même, en physique moléculaire, il peut être intéressant de déterminer les pulsations caractéristiques de systèmes cycliques que l'on peut, en première approximation, considérer comme formés par $n = 2m$ particules de deux types disposées alternativement aux sommets d'un polygone régulier et liées élastiquement. Nous nous proposons de donner une méthode de calcul des pulsations propres de ces systèmes en raisonnant sur le modèle mécanique.

Soient m et M les masses des deux types de particules placées alternativement, à l'état d'équilibre, aux sommets d'un polygone régulier, chacune des masses étant liée à ses voisines immédiates par des forces élastiques de constante k. Nous mettons le problème en équation en utilisant une méthode de calcul analogue à celle employée dans un travail antérieur où nous déterminions les fréquences propres de carbures cycliques ([1]). Nous représenterons donc par θ le complément de l'angle de deux côtés consécutifs du polygone (angle de valence) et nous prendrons pour variables les variations de longueur l_i de ces côtés ($i = 1, 2, \ldots, n$).

Pour un modèle à $n = 2m$ masses, en supposant les petits mouvements harmoniques et de pulsation ω et en représentant par L_i les amplitudes des variations des l_i, il vient le système d'équations linéaires et homogènes

$$\begin{gathered}
-kL_n\cos\theta + L_1(2k - m\omega^2) - kL_2\cos\theta = 0,\\
-kL_1\cos\theta + L_2(2k - M\omega^2) - kL_3\cos\theta = 0,\\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
-kL_{n-1}\cos\theta + L_n(2k - M\omega^2) - kL_1\cos\theta = 0.
\end{gathered}$$

En posant

$$x_1 = -\frac{2k - m\omega^2}{k\cos\theta}, \qquad x_2 = -\frac{2k - M\omega^2}{k\cos\theta},$$

l'équation aux fréquences propres s'écrit

$$\Delta_n = \begin{vmatrix}
x_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 1\\
1 & x_2 & 1 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0\\
0 & 1 & x_1 & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0\\
. & . & . & . & . & \ldots & . & .\\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & x_1 & 1\\
1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 1 & x_2
\end{vmatrix} = 0.$$

([1]) *Comptes rendus*, 285, 1942, p. 13.

En utilisant les notations d'une publication antérieure ([2]), nous obtenons, pour n pair,

$$\Delta_n = x_1 \Delta_{n-1} - \Delta''_{n-2} - \Delta''^{\prime}_{n-2} - 2.$$

En posant $x_1 x_2 = 2(1 + \cos 2\varphi)$, on sait que

$$\Delta^i_{n-1} = \sqrt{\frac{x_1}{x_2}} \frac{\sin n\varphi}{\sin \varphi}, \qquad \Delta''_{n-2} = \Delta''^{\prime}_{n-2} = \frac{\sin(n-1)\varphi}{\sin \varphi},$$

et il vient

$$\Delta_n = -4 \sin^2\left(\frac{n\varphi}{2}\right).$$

Le déterminant Δ_n s'annule donc pour $\varphi = (2\lambda\pi/n)$, $\lambda = 0, 1, \ldots, (n-1)$, et les pulsations propres du système envisagé sont solutions des équations

$$x_1 x_2 = 4\cos^2\left(\frac{2\lambda\pi}{n}\right) = \frac{(2k - m\omega^2)(2k - M\omega^2)}{k^2 \cos^2 \theta} \qquad (\lambda = 0, 1, 2, \ldots, (n-1)).$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Solutions singulières de l'équation de Klein-Gordon tenant compte d'un champ magnétique extérieur.* Note (*) de M. **Jules Géhéniau**, transmise par M. Émile Henriot.

Nous donnons dans cette Note des expressions de diverses solutions singulières de l'équation relativiste de Schrödinger, pour une particule électrisée placée dans un champ magnétique uniforme et constant, sans approximation par rapport à ce champ.

1. L'équation à étudier peut s'écrire

$$\left(\Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2} - 2ix\frac{\partial}{\partial y} - x^2 - m^2\right)\psi(x, y, z, t) = 0, \tag{1}$$

grâce à un choix convenable du potentiel magnétique, des unités de longueur, de temps et de masse.

La fonction singulière $D(P, P')$, où P et P' désignent deux points de coordonnées x, y, z, t et x', y', z', t' de l'espace-temps de Minkowski, doit vérifier l'équation (1) par rapport au point P, l'équation adjointe de (1) par rapport au point P', et, pour $t = t'$, elle doit satisfaire aux conditions

$$\tau = 0 \begin{cases} D(P, P') = 0 \\ \dfrac{\partial D}{\partial t'} = -\dfrac{\partial D}{\partial t} = \delta(\xi)\,\delta(\eta)\,\delta(\zeta), \end{cases} \tag{2}$$

([2]) *Mémorial des Sciences physiques*, 47, 1944, p. 32-37.

(*) Séance du 18 septembre 1950.

où δ est le symbole de la fonction de Dirac et

$$\xi = x' - x, \quad \eta = y' - y, \quad \zeta = z' - z', \quad \tau = t' - t.$$

Cette fonction D(P, P′) s'introduit habituellement par l'intermédiaire des solutions monochromatiques de l'équation (1) :

$$\psi_{nlk} = u_{nlk}(x, y, z) \exp(-i E_{nl} t),$$
$$E_{nl} = (m^2 + l^2 + 2n + 1)^{\frac{1}{2}}.$$

On a

(3) $$D(P, P') = D_+(P, P') + D_-(P, P'),$$

avec

(4) $$D_+(P, P') = \frac{-i}{2} \sum_{n=0}^{\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} dl \int_{-\infty}^{+\infty} dk \, u_{nlk}(x, y, z) \, u^*_{nlk}(x', y', z') \frac{\exp i E_{nl} \tau}{E_{nl}},$$

(5) $$D_-(P, P') = \frac{i}{2} \sum_{n=0}^{\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} dl \int_{-\infty}^{+\infty} dk \, u_{nlk}(x, y, z) \, u^*_{nlk}(x', y', z') \frac{\exp(-i E_{nl} \tau)}{E_{nl}}.$$

2. On peut montrer que la fonction

(6) $$\mathcal{D}(P, P') = D(P, P') \exp \frac{i\eta}{2}(x + x')$$

ne dépend des points P et P′ que par leurs différences de coordonnées ξ, η, ζ, τ. En effectuant les calculs, nous avons obtenu pour $\mathcal{D}(P, P')$ diverses expressions, dont la suivante

(7) $$\mathcal{D}(P, P') = \frac{\varepsilon(\tau)}{8\pi^2 i} \int_{c-i\infty}^{c+i\infty} \exp \frac{1}{2}\left(-\beta\lambda - \frac{m^2}{\beta}\right) \frac{\exp \frac{\sigma}{2}\left(2\beta - \coth \frac{1}{2\beta}\right)}{2\beta \sinh \frac{1}{2\beta}} d\beta,$$

où c est un nombre réel positif,

(8) $$\lambda = \xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 - \tau^2, \qquad 2\sigma = \xi^2 + \eta^2,$$

et $\varepsilon(\tau)$ est égal à plus un si τ est positif, à moins un si τ est négatif. On peut d'ailleurs faire $c = 0$, c'est-à-dire intégrer sur l'axe imaginaire. De (8) on tire facilement que $\mathcal{D}$ est nul pour λ positif.

3. La solution singulière

(9) $$K(P, P') = \begin{cases} 2i D_+(P, P') & \text{si } t > t', \\ -2i D_-(P, P') & \text{si } t < t' \end{cases}$$

se rencontre souvent en théorie quantique des champs. En posant

(10) $$K(P, P') = \mathcal{K}(P, P') \exp \frac{\eta}{2i}(x + x')$$

et en désignant par $E(\beta, \lambda, \sigma, m^2)$ la fonction sous le signe intégral de (7), on a

(11) $$\mathcal{K}(P, P') = \frac{1}{4\pi^2} \int_0^{c-i\infty} E(\beta, \lambda, \sigma, m^2) \, d\beta.$$

Remarquons que

$$(12) \qquad K(P, P') - K^*(P', P) = -2i\varepsilon(\tau)\, D(P, P'),$$

où l'astérisque représente l'imaginaire conjuguée.

Signalons aussi que la fonction

$$(13) \qquad 2D_{(1)}(P, P') = K(P, P') + K^*(P', P)$$

a la singularité de la *solution élémentaire* d'Hadamard relative à l'équation (1).

MAGNÉTISME. — *Sur les moments magnétiques et points de Curie des variétés hexagonale et cubique du cobalt.* Note de MM. **André-J.-P. Meyer** et **Pierre Taglang**, transmise par M. Aimé Cotton.

Le cobalt pur cristallise aux basses températures dans le réseau hexagonal compact; le moment à saturation donné par l'expérience se rapporte à cette variété. A partir de 470° C, le cobalt hexagonal ε se transforme vers l'état γ du cube à faces centrées dont on peut observer le point de Curie. Ces deux constantes magnétiques se rapportent donc à deux variétés allotropiques et ne peuvent être comparées aux couples de valeurs correspondants caractéristiques des autres ferromagnétiques.

Récemment W. Sucksmith ([1]) réussit par des extrapolations lointaines des courbes d'aimantation spontanée en fonction de la température à déterminer approximativement le point de Curie correspondant à la phase hexagonale et le moment à saturation de la phase cubique. Nous avons repris ce problème en nous basant sur les résultats expérimentaux de l'étude faite par l'un d'entre nous ([2]) sur les alliages à même densité électronique que le cobalt.

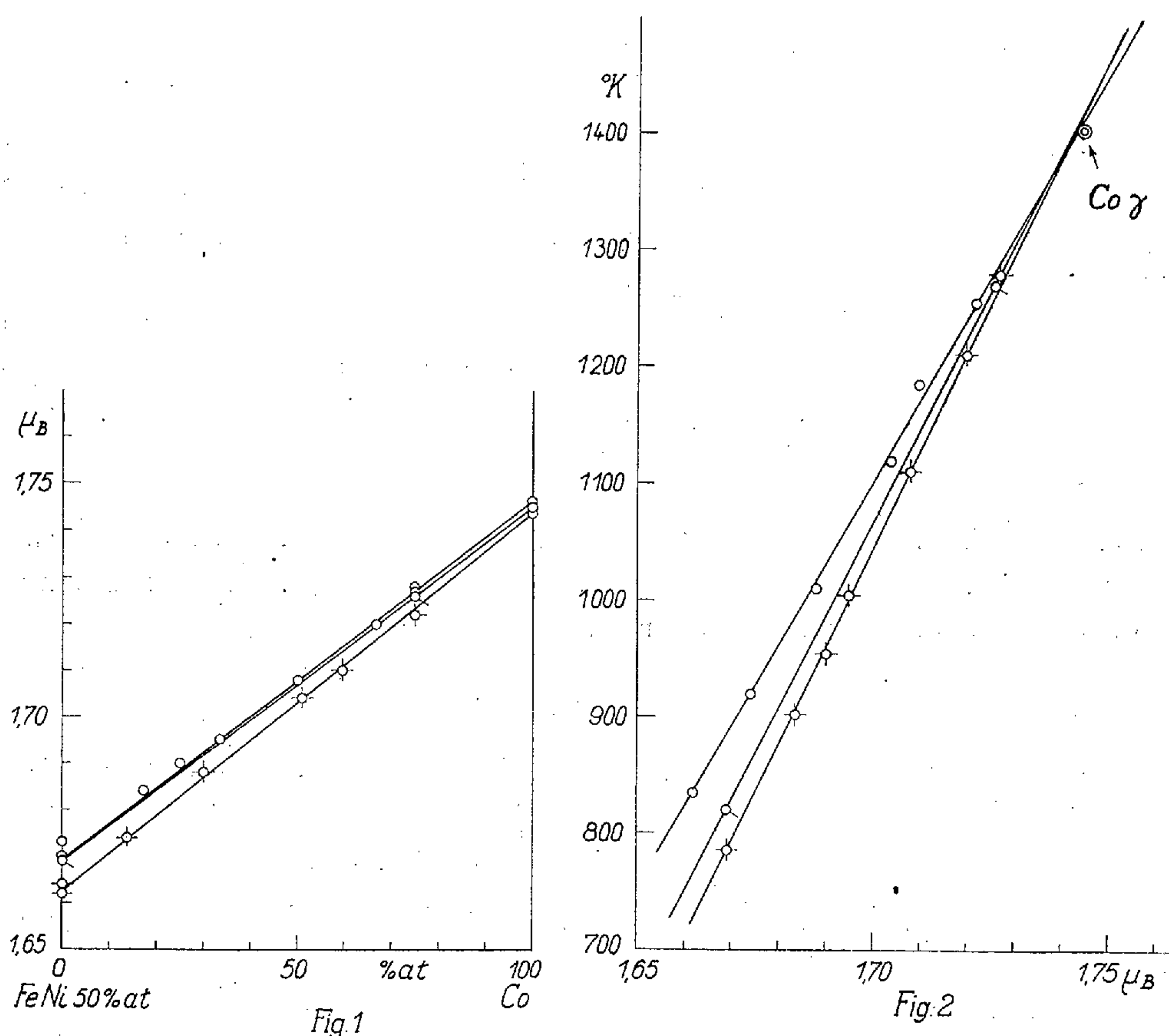
Pour déterminer le moment à saturation de la phase cubique, nous avons extrapolé la courbe représentant les moments à saturation des alliages isoélectroniques cubiques de densité électronique 27 portés en fonction de la concentration atomique en cobalt (l'autre constituant étant l'alliage Fe Ni à 50 % at Ni) vers le cobalt pur (*fig.* 1). Les trois séries de valeurs utilisées fournissent pour le moment à saturation du cobalt cubique les valeurs suivantes : 1,744 μ_B, 1,745 μ_B et 1,746 μ_B, en excellent accord avec le moment de 1,74 μ_B obtenu par Sucksmith. Ce moment de 1,745 μ_B est celui du cobalt cubique caractérisé d'autre part par un point de Curie expérimental de 1404° K.

Ce couple de valeurs porté dans le graphique de la figure 2 fournit d'ailleurs un point en bon accord avec la droite représentant la variation du point de Curie en fonction du moment pour les alliages cubiques de densité électronique $\overline{Z} = 27$.

([1]) *Rapport au Congrès du Ferromagnétisme et de l'Antiferromagnétisme*, Grenoble, 1950.

([2]) P. Taglang, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 704 et *Thèse*, Strasbourg, 1950.

A l'aide d'une hypothèse on peut se servir de cette droite pour déterminer le point de Curie correspondant à la phase hexagonale du cobalt. En effet, si l'on suppose que les points représentant les couples de valeurs (Θ, μ) des



alliages hexagonaux à $\overline{Z} = 27$ se placent sur cette droite (hypothèse qui paraît plausible parce que nombre de voisins et distances « efficaces » sont identiques pour les réseaux hexagonaux et cubiques du cobalt), il est possible d'obtenir le point de Curie du cobalt hexagonal connaissant son moment correspondant.

Celui-ci, déterminé par Ch. Guillaud et M. Roux [3] sur un monocristal de cobalt hexagonal, a été trouvé égal à 1,70 μ_B en accord avec des mesures antérieures de S. Kaya [4] qui fournissent un moment de 1,705 μ_B. Cette valeur de 1,70 μ_B permet de déterminer sur les droites de la figure 2 un point de Curie de 1070° K qui serait caractéristique du cobalt hexagonal. L'accord

---

([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1062.

([4]) *Sci. Rep. Tôhoku Univers.*, **17**, 1928, p. 1158.

entre notre valeur et celle de 1150° K indiquée par Sucksmith peut être considéré comme satisfaisant, étant données les différentes méthodes employées.

Cette étude nous conduit à admettre pour les deux variétés du cobalt les moments et points de Curie suivants :

$$\text{Co hexagonal}\left\{\begin{array}{l}\Theta = 1070^\circ\text{ K},\\ M = 1{,}70\ \mu_B;\end{array}\right.\qquad \text{Co cubique}\left\{\begin{array}{l}\Theta = 1404^\circ\text{ K},\\ M = 1{,}745\ \mu_B.\end{array}\right.$$

La différence entre ces deux groupes de valeurs ne peut être expliquée par les théories ne tenant compte que du voisinage immédiat d'un atome. En effet les deux réseaux du cobalt sont compacts (12 voisins par atome) et les plus courtes distances entre atomes sont les mêmes : 2,513 Å pour le Co γ et 2,514 Å pour le Co ε. Cet exemple prouve donc que pour rendre compte exactement des propriétés magnétiques des ferromagnétiques, il faut faire intervenir en plus des proches voisins d'un atome, des atomes plus éloignés.

PHOTOPHORÈSE. — *Théorie de la magnétophotophorèse, des mouvements en hélice et de l'électrophotophorèse.* Note (*) de MM. **Pierre Tauzin** et **Jean Creusot**, transmise par M. Aimé Cotton.

La magnétophotophorèse que présentent certaines particules en suspension dans un gaz s'interprète par des chocs moléculaires sur ces particules orientées dans le champ magnétique. Elle implique l'existence, sur la particule, de régions privilégiées fixes, où les chocs moléculaires sont particulièrement intenses. La présence de ces régions permet d'expliquer en même temps les mouvements en hélice.

Une théorie analogue est valable pour l'électrophotophorèse.

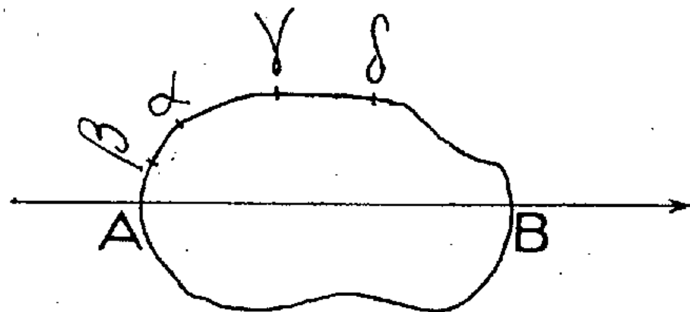
1. Les faits à expliquer sont les suivants : certaines particules en suspension dans l'air et éclairées par un faisceau intense, subissent des déplacements dans le sens d'un champ magnétique ou en sens inverse (magnétophotophorèse), ce qui a pu faire croire un moment à l'existence de pôles magnétiques séparés. En réalité une interprétation est parfaitement possible dans le cadre de la physique classique. La magnétophotophorèse, tout comme la photophorèse, disparaît dans le vide; elle existe pour des particules qui présentent en général la photophorèse positive ou négative. Comme la photophorèse, et en même temps qu'elle, elle passe par un maximum pour des pressions de l'ordre de 10^{cm} de mercure. Photophorèse et magnétophotophorèse doivent donc être expliquées parallèlement, par des chocs moléculaires sur les particules. Tout en réservant, pour l'instant, l'explication de la photophorèse pure, nous pouvons donner celle de la magnétophotophorèse.

L'un de nous (¹) a montré expérimentalement que la magnétophotophorèse

(*) Séance du 18 septembre 1950.

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1853.

est liée au ferromagnétisme et que les particules présentant ce phénomène sont des petits aimants permanents qui s'orientent dans le champ magnétique quelle que soit l'intensité du faisceau éclairant. Supposons donc la particule, de moment magnétique AB, orientée dans ce champ (*figure*).



Puisque les phénomènes demeurent les mêmes pour une direction donnée du champ quelle que soit l'orientation du faisceau, il faut que ce dernier agisse sur une région fixe privilégiée de la particule orientée dans le champ. C'est l'idée essentielle qui doit intervenir dans la théorie de la magnétophotophorèse, alors que la photophorèse pure dépend avant tout de l'orientation du faisceau. Ceci fait penser à une circonstance analogue qui se produit dans un radiomètre lorsque les deux faces de l'aile absorbent différemment la lumière. C'est toujours la plus absorbante qui s'échauffe le plus, quelle que soit la face qui reçoit la lumière, et le mouvement a toujours lieu dans le même sens. D'autre part la magnétophotophorèse doit s'expliquer par des chocs moléculaires, et il est assez logique de supposer que ces chocs sont particulièrement intenses sur la région privilégiée; cette dernière devra alors être très absorbante et s'échauffer beaucoup plus que le reste de la particule; ce sera une trace d'oxyde ou un défaut quelconque.

Supposons que la région privilégiée $\alpha\beta$, très absorbante, soit située au voisinage d'un des deux pôles A ou B. Comme nous allons le voir (2), $\alpha\beta$ ne reste pas fixe, car la particule tourne autour de AB; $\alpha\beta$ décrit donc une zone de révolution autour de AB, et les chocs sur cette zone ont une résultante moyenne dirigée suivant l'axe AB. On voit que le déplacement aura lieu dans le sens AB ou en sens inverse selon que $\alpha\beta$ est voisin du pôle A ou du pôle B. Supposons enfin que la région privilégiée se trouve en $\gamma\delta$ au voisinage de l'équateur de la particule. $\gamma\delta$ tout comme $\alpha\beta$ tourne avec la particule autour de AB; mais les chocs sur la zone décrite par $\gamma\delta$ se détruisent en gros et ne peuvent déplacer la particule dans la direction AB.

Ainsi, dans la théorie proposée, seules présentent la magnétophotophorèse les particules possédant une région privilégiée au voisinage des pôles, circonstance en accord avec l'observation que seules quelques particules manifestent la magnétophotophorèse.

Nous avons supposé la particule parfaitement orientée dans le champ magnétique. En réalité, les chocs moléculaires tendent à la déranger de sa

position et à modifier son orientation par rapport au champ, surtout si celui-ci est faible. Il en résulte une diminution de l'efficacité des impulsions dans la direction AB. Faisons croître le champ magnétique à partir d'une fraction de gauss; la théorie donne d'abord une augmentation de la vitesse de déplacement de la particule. Puis, lorsque le champ croît de plus en plus, l'orientation de la particule tend à devenir pratiquement invariable; il en est de même pour sa vitesse de magnétophotophorèse. Il y a saturation du phénomène par rapport au champ magnétique, ce que l'expérience vérifie parfaitement.

2. Dans ce qui précède, nous avons admis que la composante perpendiculaire à AB de l'impulsion sur la zône décrite par la région privilégiée était nulle. Ceci n'est vrai qu'en moyenne. La valeur instantanée de l'impulsion sur la région privilégiée est au contraire intense et a pour effet de produire en général, lorsque cette impulsion ne rencontre pas l'axe AB, un mouvement de rotation de la particule autour de AB; l'impulsion subie de ce fait par le centre de gravité change constamment de direction, et ce dernier doit décrire une hélice, ce que confirme l'expérience. L'ensemble des chocs sur le reste de la particule ne produit que le mouvement brownien.

Si l'on inverse le champ magnétique, la particule pivote de 180° et inverse le sens de son mouvement de translation. Si l'on supprime le champ, tout en conservant le faisceau intense, le mouvement brownien règne en maître, mais la présence de régions privilégiées sur la surface de la particule doit augmenter l'agitation brownienne par rapport à ce qu'elle est en lumière faible, effet que l'on constate pour une foule de particules.

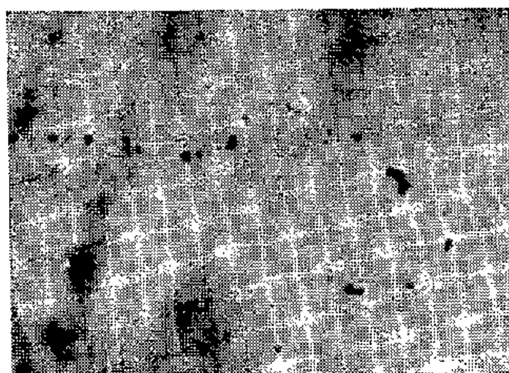
3. Le phénomène dénommé électrophotophorèse, qui s'observe dans le champ électrique au lieu du champ magnétique, a un lien de parenté avec la magnétophotophorèse. Il s'explique d'une façon analogue, et sans l'intervention de sous-électrons, par des chocs moléculaires sur des particules orientées dans le champ électrique.

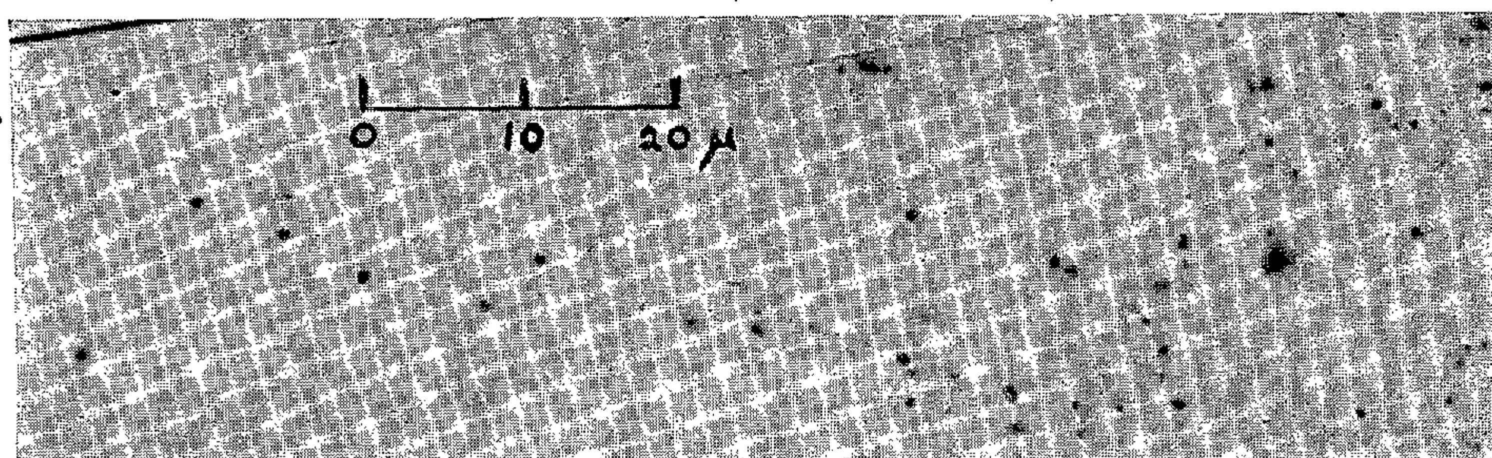
PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Procédé continu de préparation des émulsions photographiques spéciales sensibles aux trajectoires des particules ionisantes.* Note (*) de M. **Pierre Demers**, présentée par M. Jean Cabannes.

Un appareil nouveau a été réalisé utilisant des pompes à engrenages comme dispositif volumétrique; il permet de préparer des quantités aussi grandes qu'on le veut, dans des conditions de précipitation très exactement définies, d'une émulsion photographique dont les propriétés se répètent fidèlement d'une fois à l'autre. On fait arriver des filets des quatre solutions $A(AgNO_3$

(*) Séance du 18 septembre 1950.

0,6 g/cm³), *B* (KBr 0,424 g/cm³) *C* et *C'* (104^g gélatine 2191, *Am. Agr. Chim.*, 900^cm³ eau, alcool q. s. 1500^cm³) dans un bécher de 400^cm³ formant un vase à trop-plein, muni d'une tubulure soudée au fond. La masse retenue dans ce bécher est d'environ 150^cm³, elle est agitée sans bulles à 4 t/sec. Les solutions se mélangent et réagissent dans la masse, qui acquiert et garde une composition constante après quelque temps d'opération. Dès lors, les conditions de la précipitation restent tout à fait constantes, et l'émulsion qui passe par le trop-





plein est recueillie. La suite des opérations est décrite dans (¹) et (²). Les débits des quatre pompes sont dans les rapports suivants, définis par les engrenages employés : *A*, *B*, *C*, *C'* = (100/42), (100/42), (48/36), (48/42). Le débit total est environ 100 cm³/mn. Émulsion sèche : 90,2 % ; AgBr, 9,8 % ; gélatine = 9,22. On a formé des feuilles sans support (200^μ) avec : émulsion refondue 1150^cm³, triéthanolamine 14^cm³. Développement : D 8 2:14 minutes à 8°C. Diamètre du grain : 0^μ,2-0^μ,4. Régression : forte en deux jours et complète en deux semaines des rayons α à 25°C. L'émulsion, très propre sauf un léger voile superficiel, montre des trajectoires d'électrons indiquant une sensibilité à 1,8 fois le minimum d'ionisation et peut-être mieux (*figure*). Les pompes sont en acier inoxydable marque Zénith, type 1 B.

A l'aide d'appareils continus comme celui-ci, on peut songer à rendre continue la fabrication industrielle des émulsions photographiques, ce qui représenterait une nouveauté par rapport aux techniques actuellement connues de fabrication par lots.

(¹) P. DEMERS, *Science*, **110**, 1949, p. 380.

(²) P. DEMERS, *Com. J. Res.*, A **28**, novembre 1950 (sous presse).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Rayon statistique des chaînes méthyléniques.* Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

On peut obtenir, semble-t-il, une valeur approchée du rayon statistique r des molécules de paraffines normales en posant : $\Delta v = \pi r^2 h.N$, où Δv représente la variation du volume molaire liquide quand on passe d'un corps en C_n au corps en C_{n+1}; h la distance $(C - C) = 1{,}54$ Å$_0$ donnée par la diffraction des R_x et N le nombre d'Avogadro. On trouve en effet des valeurs comprises entre 2,35 et 2,36 Å$_0$ alors que la diffraction des R_x donne 2,32 Å$_0$. Cette étude conduit à une image des molécules des cyclanes normaux.

I. Quand on passe d'un carbure saturé normal en C_n où n est suffisamment grand, au carbure suivant en C_{n+1}, à l'addition de CH_2 correspond un accroissement de volume Δv sensiblement constant, égal à $16^{cm^3},30$ environ pour $t = 20°$ C. De même, quand on passe d'un dérivé C_nH_{2n+1} au suivant, le volume molaire croît d'une quantité constante égale à $16^{cm^3},45$ (tableaux I et II). Le même accroissement est observé chez les alcools primaires normaux ($\Delta v = 16^{cm^3},4$) chez les thiols ($\Delta v = 16^{cm^3},5$) chez les acides gras ($\Delta v = 16^{cm^3},4$) chez les nitriles ($\Delta v = 16^{cm^3},5$), etc.

Tableau I.

Corps.	V (cm³).	ΔV (cm³).
C_6H_{14}...	130,41	
		15,83
C_7H_{16}...	146,24	
		15,97
C_8H_{18}...	162,21	
		16,11
C_9H_{20}...	178,32	
		16,22
$C_{10}H_{22}$...	194,54	
		$\frac{32,3}{2} = 16,15$
$C_{12}H_{26}$...	226,84	
		$\frac{81,40}{5} = 16,28$
$C_{17}H_{36}$...	308,24	

Tableau II.

Corps.	V (cm³).	ΔV (cm)³.
$C_5H_{11}Br$...	124	
		16,44
$C_6H_{13}Br$...	140,44	
		16,59
$C_7H_{15}Br$...	157,03	
		16,40
$C_8H_{17}Br$...	173,43	
		16,51
$C_9H_{19}Br$...	189,94	
		16,50
$C_{10}H_{21}Br$...	206,44	

Si r est le rayon statistique de la chaîne que l'agitation thermique fait tourner autour de son axe, h la distance de deux atomes de carbone voisins, l'accroissement de volume molaire $\Delta\varphi$, résultant de l'addition d'un groupe CH_2 est : $\Delta\varphi = \pi r^2 h$.

Si l'on étend le calcul à N molécules on a $\Delta V = N\Delta\varphi = N.\pi r^2 h$. En prenant

(*) Séance du 31 juillet 1950.

pour ΔV la valeur 16,3 trouvée plus haut (tableau I), pour h la valeur 1,54 A_0 déduite des études de diffraction des R_x, on tire

$$r=\left[\frac{16,3.10^8}{\pi.1,54.6,06.10^{23}}\right]^{\frac{1}{2}}=2,35.10^{-8}\text{ cm}.$$

Or l'étude des courbes de diffraction des R_x par les paraffines normales à l'état liquide conduit au nombre $2,32.10^{-8}$ cm.

II. Si l'on compare entre eux les volumes molaires de deux cyclanes voisins en C_n et C_{n+1}, à 20°C, on constate que leur différence ΔV croît et tend rapidement vers 16,5 cm³. (Tableau III, colonnes 2 et 3.)

TABLEAU III.

Corps.	V expériment.	ΔV.	V calculé V = 16,5.n.
C_6H_{12}	107,9		99,0
		12,9	
C_7H_{14}	120,8		115,5
$C_{10}H_{20}$	163,2		165,0
		$\frac{216,3}{13}=16,6$	
$C_{23}H_{46}$	379,5		379,5
		$\frac{50,1}{3}=16,7$	
$C_{26}H_{56}$	429,6		429,0

Il semble que l'addition d'un groupe CH_2 produit le même accroissement de volume molaire chez les cyclanes et chez les paraffines normales. L'image de la molécule d'un cyclane serait donc celle d'un anneau dont le rayon de section serait celui de la molécule de paraffine. D'autre part quand n est suffisamment élevé (supérieur à 10), le volume molaire d'un cyclane est très sensiblement égal à $16,5n$ (colonnes 2 et 4).

Si n est le nombre d'atomes de carbone, donc de groupes CH_2, Φ l'espace libre intermoléculaire, la masse spécifique ρ est donnée par la relation

$$\rho=\frac{14n}{\Phi+16,5n},$$

où 14 est la masse du groupe CH_2 et 16,5 son volume statistique à 20°C. Si n croît, ρ tend vers 0,85. Or cette limite est très rapidement atteinte. Pour C_8H_{16}, $\rho=0,831$, pour $C_{23}H_{46}$ $\rho=0,846$. Φ paraît donc négligeable pour $n>10$. Les anneaux, images des molécules, seraient donc parfaitement déformables et assemblés de façon compacte.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Influence de la déformation par lignes de Piobert sur l'aptitude au chargement du fer en hydrogène cathodique.* Note (*) de MM. **Jean Duflot** et **Georges Chaudron**, transmise par M. Albert Portevin.

Si l'on effectue le chargement en hydrogène cathodique d'un échantillon de fer, on observe des dénivellations superficielles dues à la formation de cloques. Sur des cristaux de grandes dimensions ces cloques peuvent avoir un contour géométrique et comme dans le cas des figures de corrosion, ce contour dépend de l'orientation de la face cristalline. On peut admettre que ces cloques sont une conséquence de la recombinaison irréversible de deux atomes d'hydrogène pour former une molécule, cette réaction pouvant s'effectuer dans les imperfections du réseau d'une dimension suffisante.

D'autre part, lorsque l'on effectue une traction sur un échantillon de fer qui a été préalablement écroui, par exemple à la suite d'un laminage qui a donné une réduction de section de 50 %, puis ensuite recuit pendant 90 minutes à 720°C, on observe alors l'apparition sur la surface du métal de lignes de glissement macroscopiques inclinées à 45° par rapport à la direction de l'effort de traction. Nous proposons avec Frémont d'appeler ces lignes, lignes de Piobert, du nom de celui qui les a observées pour la première fois [1]; ces lignes sont souvent désignées notamment à l'étranger sous le nom de lignes de Lüders. Ces lignes se déplacent généralement avec une très grande régularité depuis les attaches de l'éprouvette jusqu'au milieu de celle-ci.

Nous avons effectué le chargement habituel en hydrogène cathodique sur des éprouvettes partiellement parcourues par ces lignes de Piobert. Nos éprouvettes comprennent trois zones ayant sensiblement la même surface, la zone médiane n'ayant subi aucune déformation. On constate alors les faits suivants :

a. Dans les zones extrêmes de l'éprouvette, les cloques ne sont visibles que si l'on examine la surface au moyen d'une loupe. Au contraire, dans la partie médiane non affectée par le traitement mécanique, on observe des cloques réparties d'une manière tout à fait uniforme et visibles à l'œil nu. Le phénomène de *cloquage* est alors tout à fait analogue à celui que l'on constate avant la traction de l'éprouvette.

b. Après le chargement cathodique, on peut, par découpage à la cisaille, séparer les différentes régions de l'éprouvette et mesurer les gaz qui se dégagent spontanément. On constate que les zones présentant des lignes de Piobert donnent lieu à un départ de gaz environ moitié moins important que les autres.

(*) Séance du 4 septembre 1950.

(1) Piobert, Morin et Didion, *Mémorial de l'artillerie*, 5, 1942, p. 505.

C'est ainsi que sur douze expériences nous avons constaté que le rapport des quantités de gaz correspondait à la valeur moyenne de 0,57.

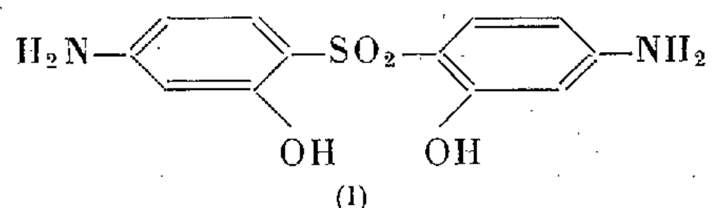
c. Si l'on fait subir à un échantillon traité mécaniquement comme il vient d'être dit un recuit prolongé au-dessous de A_3 (par exemple 72 heures à 880° C), on constate que les cristaux ont grossi d'une manière très importante, uniquement dans les zones de Piobert; au contraire, dans la partie médiane, le grain a conservé sensiblement ses dimensions initiales.

Ces expériences ont été effectuées sur des échantillons de fer pur industriel pratiquement homogène, on peut donc en conclure que le rôle des impuretés n'est pas le facteur dominant dans la formation des cloques. On peut supposer que l'onde de Piobert a créé dans le métal une modification de structure qui aurait pour effet de diminuer les imperfections les plus grossières du réseau. Nous nous proposons de vérifier cette hypothèse par d'autres méthodes d'investigation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des diphénylsulfones tétrasubstituées en 2.2'-4.4'.* Note (*) de M. **Marc Julia**, présentée par M. Marcel Delépine.

Un mémoire publié tout récemment au *Journal of the American Chemical Society* (numéro d'août 1950) (1) m'incite à faire connaître dès maintenant certains résultats des travaux que j'ai poursuivis depuis quelque temps dans des voies analogues. Les détails expérimentaux ont été consignés dans le pli cacheté n° 1072 déposé à la Société Chimique de France le 20 juin 1950, dont je demande par ailleurs l'ouverture.

Amstutz (1) décrit entre autres résultats une préparation de la dihydroxy-2.2' diamino-4.4' diphénylsulfone (I)



(I)

à partir du méthoxy-2 nitro-4 thiophénol. Freeman et Amstutz (1) décrivent également la réaction du bromo-2 nitro-5 anisole avec l'éthylxanthate de potassium et l'oxydation du sulfure obtenu en diméthoxy-2.2' dinitro-4.4' diphénylsulfone (II).

Sur une suggestion du Dr Tanret, je m'étais également préoccupé de préparer la sulfone (I), dont la structure s'apparente à la fois à celle de la

(*) Séance du 18 septembre 1950.

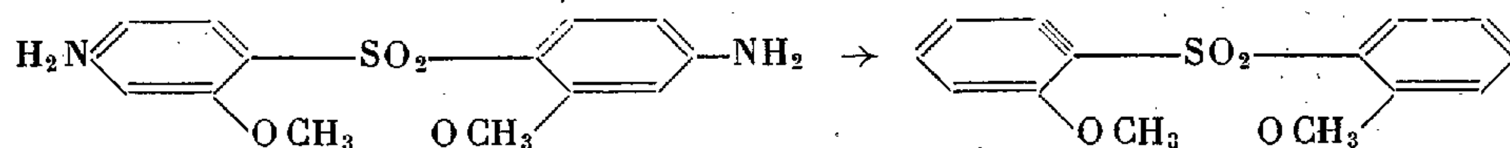
(1) Amstutz, *Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 3420; Freeman et Amstutz, *ibid.*, p. 3823.

(2) *J. Pharm. Soc. Japan*, **60**, 1940 (résumé anglais, 1).

paradiamino diphényl-sulfone et à celle de l'acide paramino salicylique, tous deux utilisés dans le traitement de la tuberculose.

J'ai préparé la sulfone (I) par une voie tout à fait différente de celle suivie par l'auteur américain. Le produit de départ est, cette fois, le métamino-phénol. Après protection des deux fonctions, la réaction de Friedel et Crafts avec le chlorure de thionyle en présence de chlorure d'aluminium dans le sulfure de carbone donne le sulfoxyde correspondant à (I) avec un bon rendement. Cette méthode avait été employée déjà par Sugasawa et Sakurai ([2]) pour préparer la paradiamino diphényl-sulfone à partir de l'acétanilide. L'oxydation du sulfoxyde par le mélange chromique dans l'acide acétique donne la sulfone correspondante. On saponifie ensuite facilement les groupes acétamino. Les groupements éthers phénoliques ne purent être saponifiés qu'après 100 heures d'ébullition dans l'acide bromhydrique à 48 %, mais le rendement est bon. On obtient la sulfone (I) sous forme d'aiguilles blanches fondant à 187°. Ce point de fusion est en accord avec celui que donne Amstutz; (Analyse, Tr % : C, 51,04; H, 4,56; N, 10,25; Calc. pour $C_{12}H_{12}O_4N_2S$ % : C, 51,3; H, 4,3; N, 10,0).

Pour confirmer la structure du produit obtenu par la réaction de Friedel, la diméthoxy diamino sulfone intermédiaire a été diazotée en présence d'alcool, ce qui conduisit à la diméthoxy-2.2' diphényl-sulfone fondant à 193-194°, point de fusion déjà indiqué pour cette substance. La diméthoxy-4.4 diphényl-sulfone fond d'après les publications à 130-134°.



D'autre part, j'ai aussi préparé la diméthoxy-2.2' dinitro-4.4' diphényl-sulfone par la même méthode que Freeman et Amstutz, et l'ai ensuite réduite par le chlorure stanneux et l'acide chlorhydrique en diaminosulfone correspondante identique à celle obtenue par l'autre voie.

La diamino-2.2' dimitro-4.4' diphényl sulfone a été préparée en oxydant par l'eau oxygénée à 30 % le sulfure préparé d'après Hodgson et Dogson ([3]). L'hydrolyse des groupes acétylés qui protègent les fonctions amines pendant l'oxydation demande des conditions très énergiques, mais a pu néanmoins être effectuée.

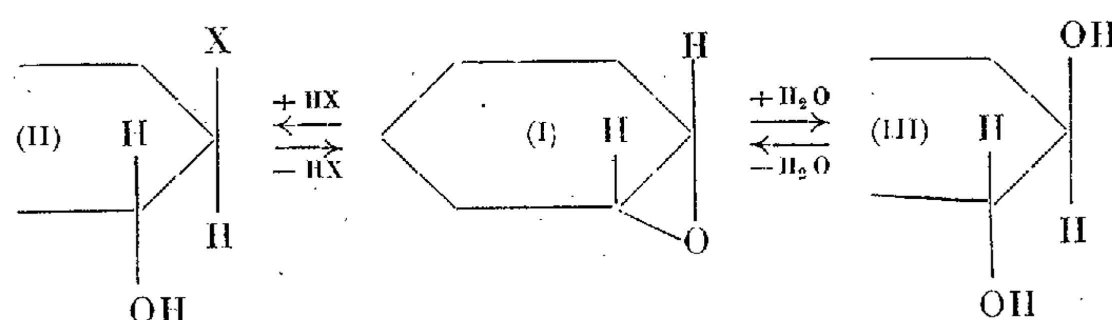
Enfin la dichloro-2.2' diamino-4.4' diphényl-sulfone a été obtenue en réduisant par le chlorure stanneux la dinitrosulfone correspondante. Berg ([4]) a effectué récemment la même réduction par le fer et l'acide acétique; son produit est toutefois de couleur orangée alors que le mien est blanc.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1948, p. 870.
([4]) *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 1991.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'interprétation de l'inversion de Walden présentée par les α-glycols, les époxydes et les halohydrines au cours de leurs réactions.* Note de MM. **Georges Darzens** et **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les α-glycols, les époxydes et les halohydrines présentent, au cours de leurs modes de formation et de leurs principales réactions, de curieux et troublants phénomènes de diastéréoisoméries que l'on rattache à l'inversion de Walden. Observés d'abord par Bœseken, Bartlett, Lucas et leurs collaborateurs ([1]), ils ont été le sujet de nombreux et importants travaux de M. Tiffeneau ([2]), mais n'ont trouvé aucune interprétation théorique.

C'est ainsi que l'époxyde du cyclohexane (I), dont la structure *cis* est certaine, donne avec les hydracides de l'halohydrine *trans* (II) et, avec l'eau ou la potasse, l'α-glycol *trans* (III), réactions qui sont reversibles :

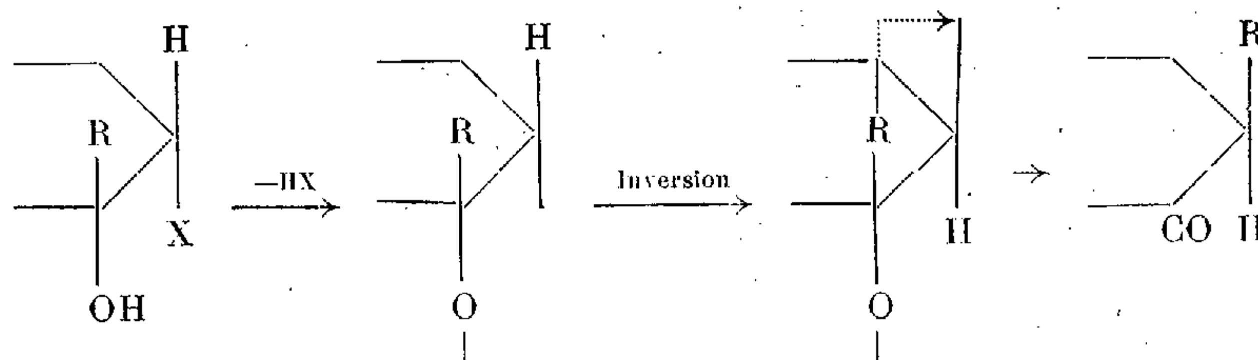


De même l'époxyde 2.3 du butane *cis* et l'oxyde stilbène qui est également un dérivé *cis* donnent avec les hydracides des halohydrines *trans*.

Mentionnons enfin, parmi les nombreuses réactions des halohydrines cyclohexaniques, celles de leurs déshalogénations magnésiennes ou argentiques.

Ces halohydrines donnent ainsi des cyclohexanones lorsqu'il s'agit des isomères *cis*; alors que les *trans* donnent des aldéhydes cyclopentaniques avec raccourcissement du cycle.

Le schéma suivant interprète, d'après M. Tiffeneau, la première de ces réactions



qui représente une inversion et la migration du radical aliphatique R.

L'un de nous a donné une nouvelle interprétation de l'inversion de Walden

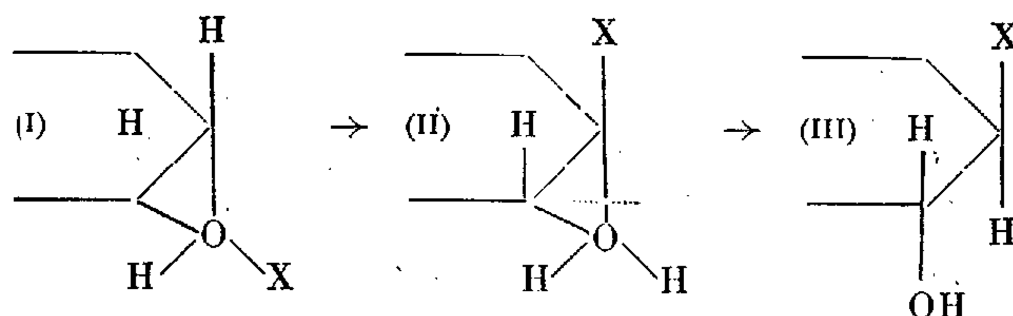
([1]) Bœseken, *Rec. trav. chim.* P. B., **39**, 1920, p. 184; P. D. Bartlett, *J. Am. Chem. Soc.*, **56**, 1934, p. 1990, 2683, 2785; Lucas, *Ibid.*, **58**, 1936, p. 2396; **61**, 1939, p. 1461, 1581.

([2]) *Bull. Soc. Chim. France*, **12**, (5), 1945, p. 453, 621.

classique basée sur la formation intermédiaire d'un dérivé d'oxonium [3].

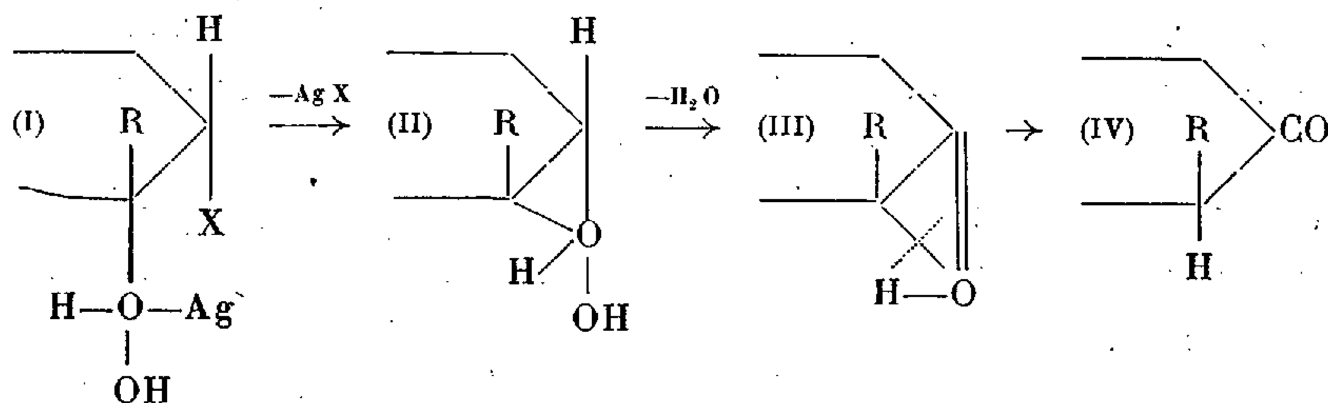
Nous nous proposons de montrer ici que ce mécanisme interprète remarquablement bien ces singulières transpositions et aurait même pu les faire prévoir.

Lorsqu'on traite un époxyde par un hydracide (HX), il se forme d'abord un dérivé d'oxonium (I) où l'halogène (X) est à l'état d'ion et par suite très actif. D'autre part l'hydrogène en rappport avec les atomes de carbone se trouve mobilisé par suite de la relation de ces atomes de carbone avec l'oxygène.



Il en résulte la substitution d'un de ces atomes (H) par l'ion (X) pour donner le dérivé d'oxonium (II), par suite d'une réaction d'halogénation intramoléculaire. Ce dérivé instable se transpose ensuite en l'halohydrine *trans* (III) par ouverture du cycle oxydique.

Les déshalogénations argentiques ou magnésiennes des halohydrines trouvent la même interprétation comme le montre le schéma suivant relatif aux halohydrines *cis* qui donnent des cyclanones :



L'hydroxyde d'argent ne peut pas réagir directement sur l'halogène (X), mais donne avec l'hydroxyde OH un dérivé d'oxonium (I) où l'atome Ag activé va alors réagir avec l'halogène pour donner l'oxonium (II). Ce dermier perd H_2O pour donner l'oxonium instable (III) qui se transpose enfin en cyclanone (IV).

Dans ce schéma, l'inversion de Walden n'est plus postulée et il en est de même de la migration du radical R.

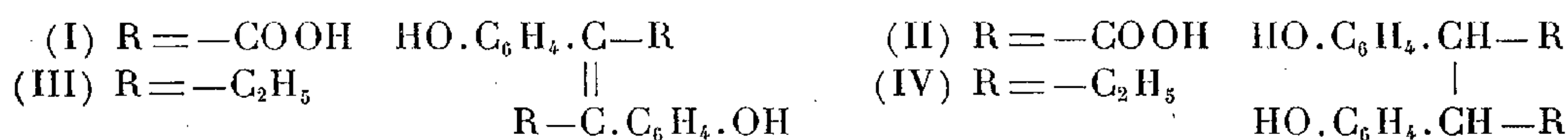
La déshalogénation des halohydrines *trans*, amenant à des aldéhydes, relève de transpositions plus générales qui seront le sujet d'une Note ultérieure.

---

(3) G. Darzens, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1286.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une nouvelle substance hydro-soluble à haut pouvoir œstrogène.* Note de M. **Joseph Hoch**, présentée par M. Marcel Delépine.

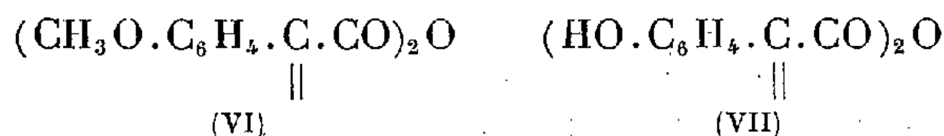
Continuant mes recherches sur les produits œstrogènes [1], j'ai été amené à tenter la synthèse des acides di-(p. hydroxyphényl) fumarique (I) et succinique (II) en vue d'examiner leur comportement physiologique. Ces composés dérivent du diéthylstilbœstrol (III) resp. de l'hexœstrol (IV) de Doods par remplacement des deux $—C_2H_5$ de leurs molécules par deux —COOH.



Pour préparer ces acides je me suis servi de la méthode décrite par M[me] Ramart et Hoch [2]. Cette méthode consiste à faire agir NH_2Na sur le phénylbromacétate d'éthyle en solution éthérée. On obtient ainsi : 1° le diphénylmaléate d'éthyle (Rdt 45 %); 2° le diphénylfumarate d'éthyle (Rdt 10 %); 3° les diphénylsuccinates d'éthyle F 141° et 84° (Rdt 4 resp. 1 %).

Cette méthode appliquée à l'α bromo *p*-méthoxyphénylacétate d'éthyle fournit seulement le di-(*p*-méthoxyphényl) maléate d'éthyle (V) F 80° à côté d'une trace de di-(*p*-méthoxyphényl) succinate d'éthyle sym. F 145°.

Par saponification au moyen de KOH alcoolique, l'éther-sel V donne l'anhydride di-(*p*-méthoxyphényl) maléique (VI), cristaux jaune orangé fondant à 171° (l'acide correspondant n'a pu être obtenu, car précipité de son sel de K, il se transforme immédiatement en anhydride). Cet anhydride, chauffé à 200° avec un excès de chlorhydrate de pyridine, fournit l'anhydride di-(*p*-oxyphényl) maléique (VII) qui, recristallisé dans l'eau bouillante, se présente sous forme d'aiguilles orangées fondant à 224°; il n'est doué d'aucun pouvoir œstrogène. Son dérivé diacétylé fond à 163° :



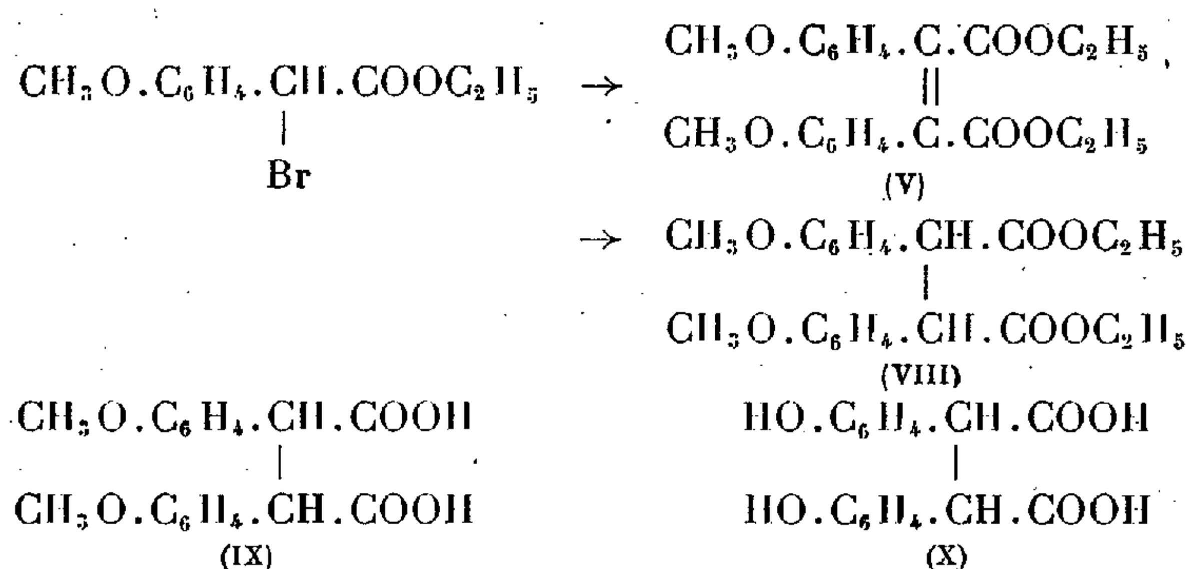
L'éther-sel (V), devenu accessible par la méthode décrite, devait fournir par stéréomutation le dérivé fumarique correspondant, qui par déméthoxylation aurait conduit à l'acide (I). Mes tentatives en vue de provoquer cette stéréomutation, soit par voie chimique, soit à l'aide des rayons ultraviolets, sont restées vaines jusqu'à présent.

La réduction de ce même éther-sel s'est montrée fort difficile, mais j'ai pu la réaliser avec de bons rendements à l'aide de Zn et ClH en solution alcoolique. Le di-(*p*-méthoxyphényl) succinate d'éthyle (VIII) F 145° est le seul

(1) Ce travail avait été exécuté au cours de l'année 1947.

(2) *Ann. de Ch.*, (X), **13**, 1930, p. 385.

produit de cette réaction. Il peut être également obtenu à partir du *p*-méthoxyphénylacétate d'éthyle par action de l'I. et de l'alcoolate de sodium, mais le rendement dans ce cas ne dépasse pas 10 %. Saponifié dans les conditions habituelles, il fournit l'acide di-(*p*-méthoxyphényl) succinique sym. (IX), F 220°, qui, traité par IH, conduit à l'acide di-(*p*-oxyphényl succinique sym. ([3]) (X) cherché. C'est une poudre amorphe assez soluble dans l'eau froide, qui fond à 230°. La préparation de cet acide est résumée par le schéma suivant :



L'acide (X) est probablement l'isomère racémique, car la saponification alcaline des éthers diarylsucciniques connus, racémiques ou inactifs par nature, conduit toujours aux acides racémiques. Les essais de dédoublement en cours établiront sa structure d'une façon certaine.

Le test Alain-Doisy a montré que l'acide (X) administré par voie buccale à des souris femelles castrées, provoquait au moins le même effet œstrogène que la même dose de benzoate d'œstradiol administrée par piqûres intraveineuses.

Je continue ce travail, ainsi que l'étude de toutes les questions chimiques et physiologiques qui s'y rattachent.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Structure du disiliciure de cobalt.* Note de MM. **Félix Bertaut** et **Pierre Blum**, présentée par M. Charles Mauguin.

Dans le système Co-Si, deux structures correspondant aux phases Co_2Si ([1]) et CoSi ([2]) sont connues. La structure d'une phase plus siliciurée telle que $CoSi_2$ dont l'existence, d'après la préparation par Lebeau ([3]) et le diagramme de phases de Lewkonja ([4]), ne fait guère de doute, ne semble pas avoir été aperçue jusqu'ici. Borén ([2]) rapporte que Si dissout Co avec

---

([3]) Ce produit est breveté.

([1]) B. Borén, S. Stahl et A. Westgren, *Z. phys. Chem.* (B) 29, 1935, p. 231.

([2]) B. Borén, *Ark. Kem. Mineral. Geol.*, 11 A, 1933, p. 1.

([3]) *Comptes rendus*, 135, 1902, p. 475.

([4]) *Z. anorg. Chem.*, 59, 1908, p. 293.

contraction de la maille et que le paramètre de la maille de Si est égal à 5,35 Å lorsque Si et CoSi sont en équilibre.

Nous avons été amenés à étudier le système Co-Si lors de la siliciuration électrolytique de surfaces de cobalt. Les phases qui apparaissent successivement sont Co_2Si, CoSi et une phase nouvelle $CoSi_2$ dont le diagramme Debye-Scherrer ressemble à s'y méprendre à celui du silicium pur, à part les intensités relatives des raies. Comme la possibilité d'un dépôt de silicium cristallisé sur la surface peut être exclue, vue les conditions expérimentales, et que le produit résultant de la synthèse directe, par fusion de Co + 2Si, fournit le même diagramme Debye-Scherrer, nous avons approfondi l'étude de la nouvelle phase.

Il s'est trouvé ainsi que $CoSi_2$ possède la structure cubique de CaF_2 : $a = 5,365$ Å, groupe d'espace O_h^5-$Fm3m$; Co en (000), Si en $\pm(\frac{1}{4}\frac{1}{4}\frac{1}{4})$. Chaque atome de Si est entouré d'atomes de cobalt, placés aux sommets d'un tétraèdre tandis que chaque atome de Co a pour voisins huit atomes de Si, placés aux sommets d'un cube. La distance Co-Si est de 2,32 Å, donc comparable à celle calculée pour les voisins proches de la phase ε-CoSi (2,28 et 2,33 Å). La contraction de volume par rapport à celui des constituants (24 %) est du même ordre que dans $FeSi_2$ (28 %). La densité est 4,94.

Le diagramme de $CoSi_2$ de Debye-Scherrer comme d'ailleurs aussi celui de CaF_2 ressemble à celui du silicium (structure diamant). On sait en effet que les raies $h + k + l = 2(2n + 1)$, interdites dans le réseau du diamant, sont aussi éteintes dans CaF_2 parce que Ca et F sont en opposition de phase et que de plus le facteur atomique de F est très approximativement égal à la moitié de celui de Ca. Or, le facteur atomique de Si étant sensiblement égal à la moitié de celui de Co, le même phénomène se reproduit pour $CoSi_2$. C'est probablement pour cette raison — même emplacement des raies que dans le cas du silicium — que la phase $CoSi_2$, confondue avec une solution solide de Co dans le réseau du silicium, a pu échapper à l'investigation. Le tableau montre les intensités de raies observées (non corrigées) et calculées ($p|F|^2$) suivant la structure proposée, et, à titre de comparaison, les intensités des raies du silicium (radiation du cobalt).

Remarquons enfin que les structures du type CaF_2 ne sont pas confinées aux combinaisons ioniques. La structure de $CoSi_2$ n'est donc pas exceptionnelle. Des combinaisons intermétalliques analogues existent [PtX_2, AuX_2(X = Al, Ga, In) et MgX_2(X = Si, Ge, Sn, Pb)] et $CoSi_2$ est par rapport à Mg_2Si ce qu'est le type de structure fluorite par rapport au type *antifluorite*.

	Plan	(111).	(220).	(311).	(400).	(331).	(422).	(511, 331).	(440).	(531).
$CoSi_2$.	Intensité observée.	m	F	m	m	m	F	m	F	F
	» calculée..	3,7	14,4	6,3	5,1	4,6	16,0	4,9	6,5	6,2
Si.	Intensité observée.	m +	F	F	m	m +	F	m +	m	F
	» calculée..	1,6	3,5	3,1	1,3	2,4	4,1	2,5	1,6	3,0

Les liaisons sont du type métallique, $CoSi_2$ étant conducteur (Si ne l'est pas). La substance est paramagnétique.

Aucune phase nouvelle n'a été trouvée dans la région plus riche en Si que $CoSi_2$. Les diagrammes de Debye-Scherrer montrent simplement la coexistence de la phase $CoSi_2$ et de Si dont le paramètre $a = 5,420$ Å est sensiblement celui de silicium pur. Cela prouve que le réseau du silicium ne dissout pratiquement pas de cobalt.

PHYSIOLOGIE. — *Application des techniques chronaximétriques à l'étude du rôle de quelques vitamines et facteurs hormonaux dans le métabolisme des lipides.* Note de MM. **Raoul Lecoq**, **Paul Chauchard** et Mme **Henriette Mazoué**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous ne reviendrons pas sur la finesse des techniques chronaximétriques que nous avons mises en œuvre dans de multiples circonstances et qui nous ont permis de tirer, tant dans le domaine de la nutrition qu'en pharmacodynamie, des enseignements sûrs, confirmés par d'autres voies expérimentales. Au cours de ce travail, nous avons appliqué diverses réactions chronaxiques à l'étude du métabolisme des lipides. En particulier, nous avons cherché à déterminer le rôle de quelques facteurs vitaminiques : nicotinamide, acide pantothénique, pyridoxine, choline, méthionine, inositol, de quelques facteurs hormonaux : extrait antéhypophysaire, cortine naturelle, thyroxine, vagotonine et substance lipocaïque, le Rat blanc étant choisi comme animal d'expérience. En outre, nous avons tenté de pénétrer les relations de ces divers facteurs entre eux et leur comportement vis-à-vis de la biotine et de la cystine, corps dont on connaît les propriétés antilipotropiques.

Dans une première série de déterminations, nous avons caractérisé le retentissement des facteurs précités sur la perturbation des chronaxies nerveuses causée par l'effet chronique de régimes renfermant 20 % d'oléate de sodium ou d'huile de ricin, ou par l'injection sous-cutanée préalable d'oléate ou d'huile de ricin. L'action correctrice des facteurs vitaminiques ou hormonaux observée sur les chronaxies nerveuses des animaux soumis aux régimes riches en éléments lipidiques, comme l'action inhibitrice qu'exerce sur les effets nerveux des mêmes facteurs l'injection préalable d'oléate ou d'huile de ricin sont en faveur d'une action métabolique que nous essaierons par la suite d'interpréter.

La correction des effets chroniques des régimes se trouve aussi bien assurée par les vitamines du groupe B (nicotinamide, acide pantothénique et pyridoxine), intervenant comme coenzyme de la déhydrase désaturante des acides gras supérieurs, que par les substances lipotropiques proprement dites (choline, méthionine et inositol) et certains extraits hormonaux (facteur lipocaïque et extrait antéhypophysaire), tous ces corps étant donnés *per os*. Cystine et biotine exagèrent le besoin vitaminique de complément, besoin qui

apparaît, dans ce cas, non spécifique. La neutralisation des perturbations chronaxiques après injection préalable d'oléate s'observe avec les mêmes substances que précédemment, sauf toutefois avec l'extrait antéhypophysaire, alors que, contradictoirement, la neutralisation s'observe aussitôt après injection de vagotonine.

Dans une seconde série de recherches, nous avons essayé l'action des divers facteurs sur des régimes carencés spécifiquement en pyridoxine, en inositol et en choline, et nous avons constaté que ces régimes ne pouvaient être effectivement complétés (les chronaxies nerveuses perturbées revenant alors à la normale) que par la substance manquante; seul, le régime carencé en choline peut être également amélioré par adjonction de méthionine, mais alors l'effet correcteur est plus lent à se manifester, la méthionine intervenant comme facteur permettant la synthèse de la choline. En présence de cystine et de biotine, les doses correctives des facteurs spécifiques doivent être augmentées. Il en est de même avec certains principes endocriniens.

Enfin, dans une dernière série, nous avons recherché les antagonismes qui s'observent lors d'injections des divers facteurs vitaminiques et hormonaux succédant à une injection de pyridoxine, d'inositol, de choline, de méthionine, de cystine et de biotine. On enregistre une inhibition toujours très nette par l'inositol, la choline et la méthionine des effets nerveux de la cystine et la biotine; par contre, la pyridoxine neutralise seulement la cystine, mais pas la biotine; la pyridoxine (et ses satellites du groupe B) apparaît comme douée d'une action antistéatogène moins étendue que les facteurs lipotropiques proprement dits (inositol, choline et méthionine). Les antagonismes hormonaux révèlent une action plus complexe ([1]). Certains, qui jouissent de propriétés lipotropiques incontestables, n'inhibent cependant pas les effets de la cystine et de la biotine, dont le mode d'action diffère; tel est précisément le cas du facteur lipocaïque. D'autres, comme l'extrait antéhypophysaire, qui neutralisent les effets de la biotine et de la cystine, n'en sont pas moins stéatogènes, agissant à leur manière et pour leur propre compte.

Il serait trop long d'exposer dans le détail les résultats de toutes nos expériences (ce que nous ferons au cours de mémoires plus développés), mais on en peut tirer un certain nombre de vues d'ensemble que nous allons brièvement résumer :

Le métabolisme des lipides comporte la mise en œuvre de plusieurs processus indépendants : catabolisme, anabolisme, lipotropie, qui ne sont pas nécessairement commandés par les mêmes facteurs. L'activité des vitamines lipotropiques et du facteur lipocaïque apparaît très générale, mais sous la dépendance de conditions favorables. La vagotonine ne saurait être confondue

---

([1]) *XVIIIe International physiological Congress*, Copenhague, 1950, p. 329.

avec le facteur lipocaïque et s'en différencie par une action catabolique limitée (qui peut suffire à compléter l'action propre de l'insuline). La thyroxine ne semble pas aller au delà d'une action tissulaire catabolisante. L'extrait antéhypophysaire, qui permet le catabolisme et l'anabolisme des lipides, s'oppose à leur lipotropie et se révèle alcalogène (²). La cortine naturelle, qui est sans action sur le catabolisme et l'anabolisme, se montre par contre stéatogène et acidogène. La stéatose hormonale peut ainsi se trouver sous la dépendance d'un trouble de la régulation acidobasique de l'organisme.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le* camouflage *durable du génotype chez* Podospora anserina. Note (*) de M. **Georges Rizet** et Mlle **Geneviève Sichler**, présentée par M. Roger Heim.

Les caractères des souches s^S, issues du croisement $S \times s$, interprétés comme des manifestations, chez des souches génétiquement s, de l'action retardée du gène S, se manifestent encore après une multiplication végétative prolongée et s'observent dans les descendances de croissements $s^S \times s^S$ successifs, poursuivis pendant 12 générations. Il ne peut s'agir d'une *action retardée* banale.

Nous avons appelé s^S les souches issues du croisement $S \times s$, dont les propriétés n'étaient ni celles de S, ni celles de s (¹). Nous avons suggéré que ces souches étaient cependant génétiquement s, leur génotype étant *camouflé* par suite de l'action retardée du gène S.

Dès maintenant, toutefois, on peut dire que ce type d'*action retardée* n'est pas absolument banal. En effet, 12 à 15 jours de croissance continue, au moins, séparent le moment où l'ascospore germe, de celui où l'on détermine les caractères de la souche qui en est issue, et l'on peut admettre, en demeurant très certainement au-dessous de la vérité, que le mycélium, au cours de cette croissance, double sa masse en 24 heures. Si l'on attribue l'*effet retardé* à l'accumulation d'une substance élaborée en présence du gène dominant, on est conduit à admettre que cette substance est encore active à des concentrations très faibles; mais il n'en demeure pas moins qu'une croissance végétative prolongée devrait nécessairement aboutir à la transformation des souches s^S en souches s. Voici quelques-unes des expériences réalisées afin de vérifier cette hypothèse.

a. Des souches s^S ont été repiquées tous les trois jours sur des milieux frais, afin que leur vitesse de croissance demeure maxima, et on les a testées périodiquement (tous les 9 jours environ) en les confrontant avec des souches S. Ainsi, 20 souches nées le 15 octobre se sont encore révélées s^S le 20 novembre, c'est-à-dire après plus d'un mois de croissance continue. Ces expériences n'ont pu être poursuivies au même rythme plus longtemps, car, au moins sur les milieux

---

(²) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1315.

(*) Séance du 18 septembre 1950.

(¹) G. Rizet et G. Delannoy, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 588.

que nous utilisons, le maintien du *bon état* des souches est incompatible, au bout d'un certain temps, avec une croissance aussi rapide. Quelques-unes d'entre elles, repiquées à partir de ce moment tous les dix ou quinze jours, ont encore montré les mêmes propriétés le 21 janvier et le 17 mars.

On peut estimer qu'à cette date, la croissance correspond au moins à 70 générations nucléaires.

b. De nombreux croisements $s^S \times s^S$ ont été réalisés et les souches monospores constituant leur descendance testées avec *S*. La F_1 est constituée par des souches encore s^S. Nous avons pu obtenir, ainsi, une F_2, F_3, etc. A la suite d'expériences qui durent maintenant depuis neuf mois, nous venons de tester la douzième génération et de constater que la descendance des croisements de deux souches s^S, issues de la F_{11}, est encore s^S. On peut affirmer que la croissance correspond, pendant cette période, à un minimum de 150 générations.

Le fait qu'à la suite de repiquages répétés de souches s^S, aussi bien qu'à la suite de croisements $s^S \times s^S$ successifs nombreux, on obtienne encore des souches s^S, n'implique nullement qu'aucune variation ne se soit produite au cours des expériences. S'il en était ainsi d'ailleurs, on serait conduit à considérer les souches s^S comme le résultat de mutations du gène *s*, provoquées régulièrement au cours de l'histoire des asques hétérozygotes *Ss*, par son allèle dominant *S*. En réalité, de nombreuses transformations des souches s^S utilisées ont été observées, dont le terme ultime est, comme nous l'avions prévu, constitué par des souches *s*. Nous y reviendrons ultérieurement, notant seulement, dès maintenant, que ces transformations ne revêtent nullement le caractère progressif attendu.

Il est clair que les seuls résultats mentionnés ici suffisent à montrer que, comme nous l'avions laissé prévoir (*loc. cit.*), nous ne sommes nullement en présence d'un cas d'*action retardée* banale. En effet, si l'on attribuait, conformément à l'interprétation habituelle des *effets retardés*, les propriétés des souches s^S, à l'action d'une substance élaborée dans l'asque, sous l'action du gène *S*, il faudrait admettre également que cette substance demeure active après une dilution prodigieuse. Cette dernière supposition ne nous paraît pas pouvoir être retenue.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Variations de la dépense azotée endogène minima sous l'effet d'une irradiation totale par rayons* X. Note (*) de MM. **Charles Gros** et **Paul Mandel**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'irradiation de l'organisme tout entier par les rayons X ou par des éléments radioactifs se rencontre de plus en plus souvent dans des circonstances les plus variées : thérapeutiques diverses, expérimentation avec des éléments radioactifs, circonstances de guerre.

(*) Séance du 18 septembre 1950.

Nous avons recherché les répercussions de telles irradiations sur le métabolisme azoté et en particulier sur la dépense azotée endogène minima. Nos essais ont porté sur trois lots de sept rats blancs souche Wistar. Les animaux ont été soumis à un régime dépourvu de protéines et comportant 62 % d'amidon, 20 % de saccharose, 10 % de saindoux, 4 % de sciure de bois, 4 % d'un mélange salin selon Terroine ([1]) des vitamines lipo- et hydrosolubles et de la choline.

Quand les animaux avaient atteint le minimum de leur dépense azotée endogène, ils étaient irradiés ([2]). L'excrétion azotée totale, l'allantoïne et la créatinine ont été déterminées par périodes de trois jours. L'azote a été dosé par le micro Kjeldahl, l'allantoïne par la méthode de Fosse et la créatinine par la technique de Folin. Seuls les sujets qui avaient absorbé une nourriture suffisante pour couvrir leurs besoins énergétiques ont été retenus.

Nous avons distingué une prépériode (avant l'irradiation), une période expérimentale (s'étalant sur les 3 à 6 jours après l'irradiation) et une postpériode faisant suite aux 6 jours de la période expérimentale.

La comparaison des moyennes des résultats des pré- et postpériodes avec les valeurs enregistrées durant la période expérimentale démontre un accroissement net de la dépense azotée endogène minima durant cette dernière. Cette augmentation est en moyenne de 36 % et atteint 56 % dans le cas limite. Parallèlement l'excrétion de l'allantoïne, remarquablement constante dans les conditions normales, augmente : 44 % en moyenne et pouvant atteindre 62 %. Par contre l'élimination de la créatinine ne subit aucune variation.

Quelle est la signification des faits observés ?

L'accroissement de la dépense azotée endogène peut être interprété comme un phénomène d'alarme et d'adaptation, et l'un de nous a observé un fait analogue en 1939 lors des études des répercussions des variations de la température extérieure sur la dépense azotée endogène ([3]). Mais l'hypothèse d'une action plus ou moins directe des rayons X ou d'une répercussion d'un trouble du métabolisme des glucides n'est pas exclu. En effet, récemment Louraux et Latrigue ([4]) avaient montré que l'irradiation du corps tout entier entraîne une hyperglycémie assez prononcée chez le Rat. L'expérimentation en cours permettra sans doute un choix entre les diverses hypothèses.

Quant à l'augmentation de l'excrétion d'allantoïne, témoin du catabolisme nucléique accru, elle nous paraît particulièrement intéressante, puisqu'elle peut servir de base pour l'évaluation du nombre de cellules détruites, compte tenu de leur richesse en acides ribo- et désoxyribonucléiques. Nous étudions

---

([1]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **18**, 1936, p. 656.

([2]) Dose totale unique : 400 rœntgen ; tension 190 kV ; filtration du rayonneur 1^{mm} cuivre ; distance foyer-rat 50^{cm} ; champ d'irradiation diamètre 16^{cm} ; durée 12 minutes environ.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 103.

([4]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1426.

d'ailleurs les variations quantitatives d'acide nucléique après l'irradiation dans divers organes susceptibles de participer à l'accroissement du catabolisme nucléique.

La constance de l'élimination de la créatinine mérite d'être soulignée. Elle permet d'affirmer que nos prélèvements d'urine étaient quantitatives et que la sécrétion rénale est restée indemne.

En résumé, l'irradiation totale par les rayons X entraîne une augmentation de la dépense azotée endogène globale avec accroissement de l'excrétion d'allantoïne, témoin d'un catabolisme nucléique accru.

Nous essayons de dégager par une étude en cours la part des divers organes ou systèmes dans les modifications observées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sensibilité du Hamster doré* (10 *passages en série*). *Insensibilité du Singe* Erythrocœbus patas *et de l'Homme au* Plasmodium berghei *Wincke et Lips* 1948. Note (*) de MM. **Paul Durand** et **Maurice Mathis**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Alors que le Hamster doré est très sensible au *Plasmodium berghei* (nous avons pu réaliser 10 passages en série), le Patas et l'Homme sont absolument réfractaires.

La découverte de *Plasmodium berghei* dans le sang d'un rongeur sauvage au Congo belge ([1]) ouvre sur le paludisme expérimental des possibilités sans précédent d'observations [L. van den Berghe, I. Wicke et M. Chardonne ([2]), H. Galliard ([3])] et d'essais thérapeutiques [J. Schneider, Ph. Decourt et G. Montézin ([4]), C. Levaditi et A. Vaisman ([5])]. Nous devons cette souche à l'obligeance de M. Ed. Sergent, Directeur de l'Institut Pasteur d'Algérie. Ce Plasmodium s'entretient avec la plus grande facilité sur la Souris blanche (17 passages en série à Tunis), provoquant dans tous les cas une infection sanguine qui ne s'achève qu'à la mort de l'animal. Nous avons pensé qu'il serait intéressant, d'une part, de rechercher de nouvelles espèces animales sensibles, d'autre part de savoir si l'Homme avait quelque chose à craindre pour lui-même de cette affection afin d'éviter les contaminations de laboratoire et la dissémination possible du germe par les Anophèles.

Sensibilité du Hamster doré. — Quelques gouttes de sang de souris infectées sont inoculées dans la cavité cœlomique de deux Hamsters dorés de notre élevage. Dès le lendemain, avant même l'apparition des parasites dans le sang des souris témoins, un des Hamsters présente des schizontes dans ses globules rouges. Quelques jours plus tard, les deux animaux sont fortement infectés : plusieurs

(*) Séance du 18 septembre 1950.

([1]) *Ann. Soc. belge Médecine tropicale*, **28**, 1948, p. 99.

([2]) *Ibid.*, **30**, 1950, p. 79.

([3]) *Bull. Soc. Path. ext.*, **42**, 1949, p. 431.

([4]) *Ibid.*, p. 449, et **43**, 1950, p. 144.

([5]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1908.

parasites par champ et plusieurs parasites dans certains globules rouges. Ces deux sujets ayant considérablement maigri meurent d'accès pernicieux les 20e et 23e jour après l'inoculation.

Le 6e jour de l'infection, nous faisons un 2e passage ; la maladie suit le même cours, l'animal meurt le 19e jour, son poids passant en 8 jours de 60 à 44^g. A partir du 4e passage l'infection est plus sévère, les Hamsters succombent vers le 15e jour. Au 8e passage ce délai est réduit à 12 jours. Le 10e passage est en cours. Il est à noter que les vieux Hamsters âgés de plus d'un an sont complètement réfractaires (2 cas).

Insensibilité du Singe africain Erythrocœbus patas. — Le Patas n° 25, femelle pesant 4^{kg}, en très bon état depuis plus d'un an à la Singerie de l'Institut Pasteur de Tunis, reçoit sous la peau 1^{cm³} d'une très riche suspension de sang de plusieurs souris infectées. Le singe ne fait aucune réaction ; les examens de sang sont négatifs. Pour le confirmer, craignant une *infection inapparente* au sens de Charles Nicolle, nous inoculons son sang à des souris neuves du 2e au 9e jour. Aucune des souris ne présente le moindre parasite; éprouvées au 18e jour par inoculation de sang infecté, toutes font la maladie habituelle, dans les mêmes délais que les témoins.

Insensibilité de l'Homme. — Devant ce résultat négatif qui était à prévoir, étant donné l'adaptation de *Plasmodium berghei* aux Rongeurs, il était probable qu'il en serait de même pour l'Homme. Encore fallait-il le vérifier expérimentalement. Par ailleurs, ce nouveau Plasmodium étant étudié dans de nombreux Instituts scientifiques, il nous a paru indispensable de savoir si l'on pouvait le manier sans danger et surtout sans précaution spéciale, notamment dans les pays riches en Anophèles.

Un sujet volontaire (l'un de nous) n'ayant jamais eu de paludisme reçoit en injection sous-cutanée quelques gouttes de sang mélangé de 6 souris infectées, diluées dans un peu d'eau citratée. Aucune réaction, la température reste normale. Les examens de sang quotidiens sont tous négatifs. Nous nous assurons de la réalité de cette absence de parasites par ponction de sang au pli du coude et inoculation à la souris du 2e au 9e jour. Les souris ainsi inoculées, chacune recevant d'un tiers à un demi-centimètre cube de sang n'ont jamais présenté de schizontes. Éprouvées quelques semaines plus tard, toutes s'infectent comme les témoins.

Pour confirmer ce résultat et savoir si en augmentant la dose de virus nous n'obtiendrons pas une réaction, nous inoculons deux déments précoces justiciables de malariathérapie que notre ami le Docteur Lamarche de l'Hôpital civil français a bien voulu mettre à notre disposition. Chacun d'eux reçoit environ 1^{cm³} de sang de souris mélangé, soit près de un milliard de schizontes (3 souris sacrifiées des 10e et 11e passages présentant des infections massives). Les deux malades ne font pas la moindre réaction, leur température prise matin et soir reste normale. Il est impossible de mettre en évidence le Plasmodium, ni par les examens directs, ni par inoculation à la Souris.

En résumé, *Plasmodium berghei* est inoculable au Hamster doré (10 passages en série), chez lequel il provoque une infection massive et mortelle en deux à trois semaines. L'Homme et le Patas africain sont réfractaires; ils ne semblent donc pas pouvoir devenir des réservoirs de virus dans les régions impaludées ou seulement riches en Anophèles. L'étude de son action chez les déments précoces est en cours.

IMMUNOLOGIE. — *Nouveaux résultats concernant l'effet de l'injection d'extrait cortico-surrénal sur le taux des anticorps du Rat immunisé.* Note de MM. **Pierre Corvazier, Alain Bussard** et **Sanford Stone**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que Dougherty et coll. ([1]) ont émis l'hypothèse de la libération des anticorps provenant des lymphocytes sous l'influence de l'hormone corticale ou de la cortico-stimuline. La plupart des expérimentateurs n'ont pu reproduire les résultats des auteurs américains. Nous avons nous-mêmes poursuivi des recherches dans ce domaine ([2]), ([3]) pour essayer d'éclaicir un débat fort confus.

Il nous a paru utile d'entreprendre une expérience comportant une saignée préliminaire peu de temps avant l'injection d'hormone, de façon à connaître, pour chaque animal, le taux des anticorps agglutinants avant et après l'administration de l'extrait cortical. Nous en rapportons ici les résultats, purement immunologiques.

Les rats, de souche Wistar *inbred*, de 200 à 250g, ont été immunisés suivant une technique déjà décrite avec *Salmonella enteritidis* ([3]). Une injection de rappel a été pratiquée 6 jours avant l'expérience 1.

Trois expériences ont été faites : 1° saignée au cœur préalable; 2° injection d'extrait cortical (A. C. E.) (groupe B) ou d'ovalbumine (groupe A) 18 heures plus tard et nouvelle saignée 24 heures après la première; 3° nouvelles injections d'A. C. E. (groupe A) ou d'ovalbumine (groupe B), 16 jours après l'expérience n° 2, saignée 6 heures après les injections. Les mesures des titres d'agglutination ont été faites par approximations successives : les premières dilutions étant réparties suivant une progression géométrique, de façon à encadrer la valeur limite, les dilutions étant ensuite espacées suivant une progression arithmétique, la précision obtenue était de ± 15 %.

Les résultats des dosages effectués pour chaque animal, consignés dans le tableau, indiquent :

1° que l'injection de l'hormone ou d'ovalbumine ne provoque pas, entre les expériences nos 1 et 2, d'augmentation du taux d'anticorps;

2° que le titre des anticorps a baissé en 16 jours chez les animaux témoins du groupe B entre les expériences nos 1 et 3; tous les titres ont baissé, sauf celui du n° 4 et la moyenne a baissé de 25 % ;

3° que les titres des anticorps n'ont pas baissé, dans le même délai, chez les

([1]) T. F. Dougherty, J. H. Chase et A. White, *Proc. Soc. exp. Biol. Méd.*, 58, 1945, p. 135.

([2]) A. Aschkenasy, A. Bussard, P. Corvazier et P. Grabar, *Rev. d'Hématol.*, 5, 1950, p. 107.

([3]) A. Bussard, P. Corvazier, P. Grabar et A. Aschkenasy, *Rev. d'Hématol.*, 5, 1950, p. 130.

animaux du groupe A qui avaient reçu de l'hormone avant la troisième saignée (comparer expériences n°s 1 et 3).

L'analyse statistique des résultats montre que si l'on compare les moyennes des baisses des titres des groupes A et B (expériences n°s 1 et 3), on a : $\overline{\Delta_{A_3}^{A_1}} = 0 \pm 3$ et $\overline{\Delta_{B_3}^{B_1}} = -10 \pm 2,7$ avec un t de Student-Fisher : $t = 6,55$.

Si l'on compare les moyennes des baisses de titres, non plus absolues, mais en pourcentage des taux initiaux d'agglutination, on a $\overline{\Delta(\%)_{A_3}^{A_1}} = -1,6 \pm 8,3$ et $\overline{\Delta(\%)_{B_3}^{B_1}} = -25 \pm 6,3$ avec $t = 5,95$. Le t de Student-Fisher, donné par les tables pour 14 degrés de liberté est, pour $p = 0,01$ de 2,98. Les variations constatées paraissent donc hautement significatives. Comme les variations individuelles sont, pour la plupart, dans le même sens, il nous paraît raisonnable d'en déduire un effet de l'extrait cortical sur le taux des anticorps.

Taux des anticorps agglutinants dans le sérum des rats.

(Inverse de la dernière dilution donnant une agglutination $\times 10^{-3}$.)

N^{os} des rats.	Groupe A. Exp. n° 1. Saignée du 4 juill., 16^h.	Groupe A. Exp. n° 2. Saignée du 5 juill., 16^h, 6 heures après ovalbum.	Groupe A. Exp. n° 3. Saignée du 21 juill., 6 heures après A. C. E.	Groupe B. Exp. n° 1. Saignée du 4 juill., 16^h.	Groupe B. Exp. n° 2. Saignée du 5 juill., 16^h, 6 heures après A. C. E.	Groupe B. Exp. n° 3. Saignée du 21 juill., 6 heures après ovalbum
1............	25	23	20	50	50	31
2............	18	18	18	16	15	10
3............	38	45	38	50	55	31
4............	20	20	16	23	26	27
5............	45	50	36	45	50	31
6............	31	35	27	45	45	38
7............	31	38	50	36	38	27
8............	31	31	33	62	62	50
Moyennes ± Es (*).	30±3,2	32,5±4,1	30±4,1	41±5,4	42,5±4,3	30,5±3,9

(*) $\mathrm{Es} = \sqrt{\frac{\Sigma d^2}{n(n-1)}}$.

En conclusion les résultats nous paraissent justifier les interprétations suivantes :

1° une saignée importante constitue un *stress* tel que les animaux ne sont plus susceptibles de réagir, par une libération d'anticorps dans le sang, à une action hormonale exercée 18 heures après ce stress.

2° On ne peut donc connaître l'effet d'une injection d'hormones corticales que d'une façon indirecte, par exemple en tenant compte d'une évaluation présumée du titre d'anticorps chez l'animal intact. Dans ce cas il semble que l'injection d'hormone peut provoquer la libération d'anticorps, libération qui a pour effet de donner un titre semblable à des échantillons prélevés à 16 jours d'intervalle; normalement, ce titre aurait baissé, ce qui peut être constaté dans un groupe témoin.

La séance est levée à 15^{h}30^m. R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 2 OCTOBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE JAVILLIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Papilionacées. Développement de l'embryon chez le* Phaseolus vulgaris *L.* Note de M. **René Souèges**.

Par le mode de différenciation de la tétrade et du proembryon octocellulaire, l'embryon du *Phaseolus* se rattache à la famille embryogénique du *Myosurus minimus;* il se distingue nettement, de la sorte, de celui du *Glycine Soja* et de toutes les autres Papilionacées examinées jusqu'ici. Comme dans le Soja, la cellule basale donne naissance au suspenseur et à un tissu hypophysaire.

L'examen antérieur du *Glycine Soja* (¹), de la tribu des Phaséolées, a conduit à des résultats assez inattendus en ce sens surtout que la cellule basale du proembryon bicellulaire engendre, en outre du suspenseur, un tissu de pénétration jouant le rôle d'une hypophyse véritable. De semblables destinées de la cellule basale n'avaient encore été observées chez aucune Papilionacée. Il importait de savoir si ce même phénomène se reproduisait chez les autres Phaséolées, particulièrement chez les *Phaseolus,* qui représentent le genre le plus important de la tribu. Les publications des auteurs précédents, celles de L. Guignard (²) et de M. M. Brown (³), ne fournissent, à cet égard, que des indications bien insuffisantes; elles se bornent seulement à signaler la formation d'une triade linéaire conduisant à une tétrade en T régulière, et, aux stades suivants, la disposition bilatérale des blastomères constitutifs du proembryon.

Le proembryon bicellulaire (*fig.* 1) du *Phaseolus vulgaris* (⁴), par division transversale de la cellule basale et par segmentation longitudinale de la cellule apicale (*fig.* 2), donne

---

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus,* 229, 1949, p. 1183.

(²) L. Guignard, *Ann. Sc. nat. Bot.,* 9e série, 12, 1881, p. 130.

(³) M. M. Brown, *Bull. of the Torrey bot. Club,* 44, 1917, p. 535.

(⁴) Ont fait l'objet de mes observations deux variétés *naines* de *Phaseolus vulgaris,* connues sur les marchés sous les noms de Haricot Maireau ou abondant, et de Haricot précoce Noir de Belgique.

naissance à une tétrade de la catégorie A_2 (*fig.* 3), laquelle, par bipartition de ses quatre éléments, conduit à la différenciation d'un proembryon octocellulaire à trois étages, *q*, *m* et *ci* (*fig.* 5), l'étalage supérieur étant constitué par quatre quadrants disposés dans un plan horizontal autour de l'axe. Les cloisons sont le plus souvent obliques dans les éléments *m* et *ci* de la triade; parfois, la cloison dans *ci* est nettement transversale.

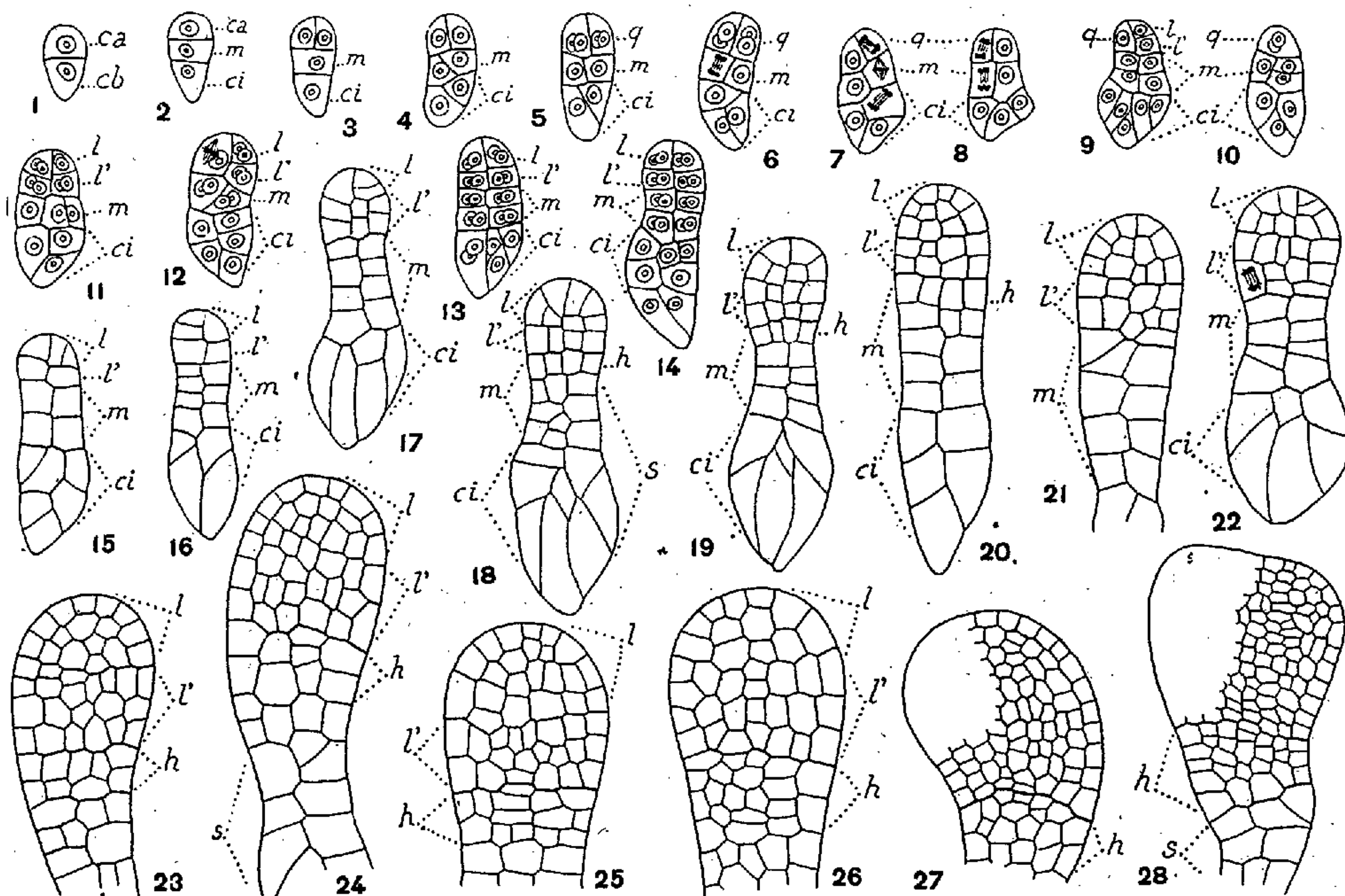


Fig. 1 à 28. — *Phaseolus vulgaris* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule basale et cellule apicale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou groupe cellulaire qui en dérive; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb* ou partie inférieure du suspenseur; *q*, quadrants; *l*, octants supérieurs ou partie cotylée *sensu lato*; *l'*, octants inférieurs ou partie hypocotylée; *h*, hypophyse; *s*, suspenseur. En 7 et 8, coupes voisines d'un même proembryon; de même en 9 et 10. G. = 275; 140 pour les figures 27 et 28.

Les figures 7 et 8 qui représentent les deux coupes voisines d'un même proembryon, de même que les deux figures 9 et 10 qui se rapportent à une forme légèrement plus âgée, permettent de se rendre compte du mode de division des quadrants et de la formation, à leurs dépens, de deux étages d'octants *l* et *l'* : en 7, à droite, et en 8, à gauche, deux quadrants sont en voie de division; en 9, à droite, deux octants sont déjà constitués. Les mêmes figures et leurs suivantes (*fig.* 11, 12 et 13) permettent également d'assister à la division des éléments juxtaposés en *m* (*fig.* 5); ces deux éléments, en règle très générale, produisent quatre cellules circumaxiales, que l'on remarque nettement dans les figures 11 et 12, où les octants sont en voie de formation ou déjà différenciés; en 7 et 8, deux cinèses nucléaires témoignent de la division transversale de ces quatre cellules; en 9 et 10, trois d'entre elles sont déjà augmentées, tandis que la quatrième (*fig.* 10, à gauche) est encore indivise.

Au terme de ces segmentations, les deux étages *q* et *m* du proembryon octocellulaire ont donné naissance à quatre assises de quatre éléments ordinairement bien superposés, représentant les quatre rangées longitudinales de blastomères, dont la disposition bilaté-

rale dans les coupes longitudinales avait frappé les premiers observateurs. Pendant ce temps, les deux éléments de l'étage *ci* (*fig.* 5) se sont multipliés en se cloisonnant d'une manière plus ou moins oblique (*fig.* 6 à 10 et suivantes). Les blastomères qui résultent de ces segmentations se renflent et s'étirent vers le bas pour donner la partie inférieure du suspenseur.

Les octants supérieurs, *l*, prennent d'abord des cloisons anticlines (*fig.* 15 et 16) et produisent finalement la partie cotylée *sensu lato;* les octants inférieurs, *l'*, qui se cloisonnent d'abord longitudinalement (*fig.* 17, 18), puis transversalement (*fig.* 19 à 21), engendrent la partie hypocotylée (*fig.* 23 à 26); ces deux parties arrivent à se confondre au terme de la vie proembryonnaire (*fig.* 27, 28).

Les deux assises quadricellulaires issues de *m* (*fig.* 13 à 15), par divisions transversales (*fig.* 16, 17), donnent deux nouvelles couches cellulaires, ce qui porte à quatre le nombre des assises qui apparaissent dans cette région moyenne, à ce stade plus ou moins rétrécie, du proembryon (*fig.* 17 à 22) : l'assise supérieure, *h*, donne naissance à l'hypophyse, les trois autres contribuent à la formation de la partie supérieure du suspenseur (*fig.* 18). Pour donner l'hypophyse, l'assise *h* subit d'abord des divisions longitudinales (*fig.* 18 à 20), auxquelles succèdent des divisions transversales plus ou moins régulières (*fig.* 23 à 25) faisant bientôt apparaître, très distinctement parfois, quatre rangées longitudinales médianes, dont le rôle dans la construction des tissus à l'extrémité radiculaire est comparable à celui que jouent les rangées issues des éléments centraux, *c*, chez le *Medicago Lupulina* ([5]).

Ces observations démontrent encore une fois combien sont hétérogènes les caractères embryogéniques des Papilionacées et combien sont diverses les affinités phylogénétiques des espèces de la famille. Le *Phaseolus vulgaris* se range manifestement dans la famille embryogénique dont le *Myosurus minimus* ([6]) est l'archétype, dans le premier groupe de la classification périodique. Dans les deux cas, la tétrade et le proembryon octocellulaire s'édifient selon des processus comparables, et il se constitue des octants dont la disposition et les destinées sont identiques; dans les deux cas, la cellule basale engendre l'hypophyse et le suspenseur. Comme dans le *Capsella*, en outre, sous-archétype de la même famille embryogénique, la cellule intermédiaire, *m*, de la tétrade ne se convertit pas directement en cellule hypophysaire; elle fournit également la partie supérieure du suspenseur.

Chez le Soja, comme on l'a vu, il se produit une tétrade en B_1, les quadrants se disposent en tétraèdre, celui du sommet fonctionnant comme cellule épiphysaire. Ce sont là des différences fondamentales qui séparent le Soja du *Phaseolus*. Néanmoins, les deux plantes se rapprochent par les fonctions dévolues à la cellule basale. Ces fonctions sont à la base même de la définition de ce qu'on a appelé, après 1870, la *loi de Hanstein,* relative à la participation de l'hypophyse à la construction de l'extrémité radiculaire. Cette loi n'a certainement pas

---

([5]) R. SOUÈGES, *Bull. Soc. bot. de Fr.*, **76**, 1929, p. 109; **81**, 1934, p. 747.

([6]) R. SOUÈGES, *Comptes rendus*, **153**, 1911, p. 686; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **58**, 1911, p. 546; *Embryogénie et Classification*, 3e fasc., Partie spéciale, Paris, 1948, p. 29.

la portée générale qu'on lui a d'abord attribuée et, le premier, L. Guignard a cru pouvoir affirmer quelle ne s'appliquait nullement aux Légumineuses; on voit maintenant dans quelle mesure il convient d'accepter cette dernière affirmation.

BOTANIQUE. — *Existence d'associations végétales typiques dans la forêt dense équatoriale.* Note de MM. **Louis Emberger**, **Georges Mangenot** et **Jacques Miège**.

Les auteurs mettent, pour la première fois, en évidence l'existence, en forêt dense équatoriale, d'associations végétales typiques. Ils en décrivent deux.

En 1948, G. Mangenot, J. Miège et G. Aubert (1) ont reconnu dans la forêt dense de la Côte d'Ivoire divers groupements végétaux qu'ils comparent à des unités phytosociologiques supérieures et annoncé que des recherches plus détaillées permettraient sans doute de distinguer des *associations* homologues de celles décrites dans les zones tempérées. Cette opinion a été confirmée et précisée par G. Mangenot au cours d'une communication à la *Société Botanique de France*, le 26 mai 1950.

Jusqu'à ce jour, les botanistes étudiant le monde végétal équatorial n'avaient pas soupçonné ou avaient nié l'existence, en forêt dense, de groupements végétaux élémentaires déterminés.

Poursuivant les recherches commencées par deux d'entre nous, nous avons soumis les forêts de basse Côte d'Ivoire à une analyse floristique de précision considérablement accrue, par des comptages exacts portant sur des surfaces déterminées au niveau desquelles ont été recencés *tous* les éléments présents : arbres, lianes, arbustes, herbes, plantules.... Les analyses ont été faites dans des forêts des régions miopliocène (Banco, Anguédédou) et précambienne (schistes birrimiens : Azaguié-Yapo). L'ensemble de ces forêts est soumis aux mêmes conditions climatiques et correspond à la notion, d'ailleurs insuffisante, de *rain-forests* (Ainslie).

Les résultats obtenus ont été les suivants :

1° Nous avons constaté l'existence d'un fond commun floristique très nombreux et géographiquement très étendu, au sein duquel on peut définir des groupements d'espèces, des *associations*, nettement caractérisés.

2° L'analyse de ces associations, faite par surfaces croissantes de 10^{m^2} en 10^{m^2}, a montré que, sur une surface de 150^{m^2} est réunie une proportion d'espèces caractéristiques suffisante pour déterminer la nature du groupement considéré. L'association peut même être reconnue sur des surfaces bien moindres.

(1) *C. R. Soc. Biogéogr.*, n° **212-214**, 1948, p. 30.

3° Nous avons pu définir nettement deux associations développées sur les surfaces non marécageuses des forêts en question, dans des parties n'ayant pas été récemment l'objet d'altérations profondes dues à l'Homme. Ces associations, dont l'une est propre aux forêts de la zone tertiaire, et l'autre aux forêts sur schistes, couvrent de vastes surfaces, mais ne sont évidemment pas les seules; il en existe d'autres dans les bas-fonds marécageux, sur les bords des rivières et des chemins, dans les clairières et autres stations dégradées, dans la voûte des forêts habitée par des épiphytes, etc.

4° La forêt sur miopliocène (sol sableux, faiblement argileux en profondeur) est une association à *Turraeanthus africana* Pellegr. et *Heisteria parvifolia* Smith, caractérisée, entre autres, par *T. africana*, *H. parvifolia*, *Conopharyngia durissima* Stapf, *Buchholzia coriacea* Engl., *Euadenia eminens* Hook. f. et *E. trifoliolata* Oliv., *Monodora Myristica* Dun., *Sphenocentrum Jollyanum* Pierre, *Erythrococca anomala* Prain, *Rhaphiostylis cordifolia* Hutch. et Dalz., *Isolona campanulata* Engl. et Diels, *Prevostea micrantha* nov. sp ., *Epinetrum cordifolium* nov. sp., (Ménispermacée), *Palisota hirsuta*, K. Schum., etc.; *Heisteria parvifolia* y est extrêmement abondant et bien développé et contribue beaucoup à l'aspect physionomique, tandis qu'il est rare et chétif dans les forêts du type Azaguié-Yapo.

Au voisinage de la lagune Ebrié existe un *faciès* particulier de cette association, caractérisé par la présence de *Berlinia acuminata* Sol. et *Stemonocoleus micranthus* Harms.

Les forêts sur schistes birrimiens (sols riches en argile) sont formées par une association à *Diospyros* et *Mapania*, caractérisée, entre autres, par *Diospyros macrophylla* A. Chev., *D. gabonensis* Gürke, *D. ivorensis* Aubr. et Pellegr., *D. kamerunensis* Gürke, *Mapania* (*M. comoensis* A. Chev., *M. Deistelii* K. Schum., *M. Linderi* Hutch.), *Drypetes Mottikoro* Léandri, *Tarrietia utilis* Sprague, *Memecylon sessile* A. Chev., *Soyauxia floribunda* Hutch., *Antidesma membranaceum* Müll.-Arg., *Cola digitata* Mast., *Ouratea subcordata* Hutch. et Dalz. et *O. Schoenleiniana* Gilg., *Trichomanes guineense* Christ, etc., et deux remarquables espèces de Palmiers-lianes (*Eremospatha Hookeri* Wendl., *E. macrocarpa* Wendl.), s'ajoutant aux autres Palmiers-lianes présents dans l'ensemble des forêts denses de la région.

A chacune de ces deux associations, un cortège d'espèces *préférentielles*, ainsi que des propriétés statistiques particulières, achèvent de conférer une allure caractéristique.

C'est la première fois qu'est appliquée avec précision la notion d'association à la forêt dense équatoriale. Ces associations offrent les caractères analytiques et synthétiques des associations de la zone tempérée. Les doutes émis à ce sujet par certains botanistes ont leur origine dans une analyse insuffisante de la végétation et dans le trouble qu'apporte à l'observateur le très grand nombre d'espèces très répandues, indifférentes ou communes aux groupements

végétaux d'ordre supérieur. De ces espèces dépendent certaines variations locales, alors que les espèces caractéristiques se trouvent toujours fidèlement réunies sur de faibles surfaces.

DÉSIGNATIONS.

M. **Albert Caquot** est désigné à nouveau pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École polytechnique pendant les trois prochaines années scolaires.

M. **Charles Maurain** est désigné pour faire partie du Conseil supérieur de la Météorologie, créé par décret du 19 juillet 1948.

PLIS CACHETÉS.

M. **Santiago Americano Freire** demande l'ouverture d'un pli cacheté, reçu dans la séance du 19 juin 1950 et enregistré sous le nº 12705.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Activité tuberculostatique du para-aminosalicylate de phényle* (FR 7) *sur le bacille tuberculeux* in vitro *et sur la tuberculose de la Souris*.

(Renvoi à la Section de Médecine et Chirurgie.)

CORRESPONDANCE.

M. **Alexandre Dauvillier** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Émile Cotton*.

L'Académie est informée de la **Réunion de Météorologie alpine** qui s'est tenue à Milan, du 20 au 23 septembre 1950.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Une gloire de la science. André Blondel, in* Donzère-Mondragon. Groupement d'entreprises des travaux d'aménagement du Rhône à Donzère. *Bulletin d'information technique et professionnel*, nº 2.

2° Faune de France. 52. *Coléoptères curculionides*. Première partie, par Adolphe Hoffmann. 53. *Coléoptères psélaphides*, par René Jeannel.

3° Institut pour la recherche scientifique en Afrique Centrale. *Premier Rapport annuel*, 1948.

4° Union Internationale des Sciences biologiques. Série C, nº 1. *Systematic check List of Mite genera and type species*, par Charles D. Radford, Préface de M. Marc André.

5° Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge. Exploration du Parc National Albert. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fascicules 59, 62, 68, 69, 70.

6° FERNANDO DE BUEN. *Las bases scientíficas y técnicas en la explotación mitícola.*

7° JORGE CHEBATAROFF. *Vegetación halófila de la costa uruguaya.*

8° ALICE LARDÉ DE VENTURINO. *Fórmulas Gráficas Prácticas del Vitaoculiscopio y Oculisvita. Procedimientos de Investigación Científica en El sistema ocular* in vivo; *la Vida Celular y en la Constitución de la Materia.*

9° Comissão reguladora do comércio de Arroz. *Formas cultivadas de arroz existentes em Portugal,* Apêndice II, par JOAO DE CARVALHO E VASCONCELLOS. — *A influência da idade da semente na germinação do arroz,* par MANUEL VIANNA E SILVA.

10° LUÍS DE MENEZES CORRÊA ACCIAIUOLI. *Bibliografia hidrológica do império português.* II.

11° *Material zur Aufteilung der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft,* von HERMANN GROSS.

12° Latvijas PSR Zinatnu Akademija (Riga). *Vestis,* 1 (30), 2 (31).

13° Id. *Mežsaimniecibas Problemu Instituta Raksti,* I.

14° Akademia Naouk Oukrainsikoi RSR. *Visnik,* I. *Dopovidi* I. *Troudi Institoutou Zoologii,* I, II. *Troudi botanitchnogo Sadou an Ou RSR.* I.

15° *Climatological Data. National Summary,* Vol. I, n° 1 (Washington).

16° *Nagoya mathematical Journal,* Vol. I.

17° The Fukui Earthquake of June 28, 1948. *Report of the special Committee for the Study of the Fukui Earthquake* (Tokyo).

Il signale également un Ouvrage polycopié : Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel. *Die Weltwirtschaft mitte* 1950.

ALGÈBRE. — *Cohomologie des extensions de groupes.*

Note de M. **JEAN-PIERRE SERRE**, présentée par M. Paul Montel.

Soient G un groupe et g un sous-groupe invariant de G; le but de cette Note est de donner des relations entre les groupes de cohomologie de G, g et G/g. Comme dans le cas des espaces fibrés, ces relations sont fournies par l'existence d'un *anneau spectral* (1) qui permet de préciser des résultats antérieurs de R. C. Lyndon (2).

1. *Résultats généraux.* — THÉORÈME 1. — *Si* G *est un groupe opérant sur un anneau* A *et* g *un sous-groupe invariant de* G, *il existe un anneau spectral*

---

(1) J. L. KOSZUL, *Comptes rendus,* 225, 1947, p. 217-219; J. LERAY, *Journ. de Math.,* 29, 1950, p. 1-139, n° 9.

(2) *Duke Math. Journal,* 15, 1948, p. 271-292.

commençant par $E_2 = H[G/g, H(g, A)]$ *et dont l'anneau terminal est isomorphe à l'anneau gradué associé à l'anneau* $H(G, A)$ *convenablement filtré.*

Corollaire. — *On a la suite* exacte :

$$0 \rightarrow H^1(G/g, \underline{A}) \rightarrow H^1(G, A) \rightarrow \underline{H^1(g, A)} \rightarrow H^2(G/g, \underline{A}) \rightarrow H^2(G, A).$$

[On a noté $\underline{A}$ l'ensemble des éléments de A laissés fixes par les transformations de g : $\underline{A} = H^0(g, A)$. De même, $\underline{H(g, A)}$ désigne le sous-anneau de $H(g, A)$ formé des éléments invariants par G/g].

Démonstration du théorème 1. — Soit B l'anneau différentiel gradué des cochaînes sur G et à valeurs dans A, telles que :

$$f(yx_0, \ldots, yx_n) = y\,f(x_0, \ldots, x_n), \qquad \text{pour tous } y \in g \text{ et } x_i \in G.$$

On voit immédiatement que $H(B) = H(g, A)$; comme le groupe G/g opère canoniquement sur B, on peut appliquer les résultats de M. H. Cartan ([3]), et l'on obtient le théorème 1 [compte tenu du fait que B vérifie, par rapport à G/g, les conditions α et β du n° 4 de son travail ([3])].

On remarquera l'analogie de cette démonstration avec celle employée par R. C. Lyndon pour démontrer le théorème 4′ de son mémoire ([2]).

Opérateurs définis par G/g *sur* $H(g, A)$. — Ces opérateurs sont définis de la façon suivante : soit $x \in G/g$ et $X \in G$ se projetant sur x. Pour toute cochaîne f sur g, à valeurs dans A, définissons $M_X f$ par :

$$(M_X f)(y_0, \ldots, y_n) = X f(X^{-1} y_0 X, \ldots, X^{-1} y_n X);$$

l'opération M_X définit N_X, automorphisme de $H(g, A)$ et l'on peut vérifier ([4]) que cet automorphisme ne dépend que de x : il en résulte bien que G/g opère sur $H(g, A)$.

Interprétation topologique. — Supposons qu'il existe un espace X de cohomologie singulière triviale et sur lequel G opère sans points fixes. On a alors : $H(X/G, A) = H(G, A)$, ainsi que $H(X/g, A) = H(g, A)$. En appliquant le théorème 2 du mémoire cité ([3]) à l'espace X/g sur lequel opère G/g l'espace, le quotient étant homéomorphe à X/G, on obtient le théorème 1.

2. *Application à la cohomologie des groupes de Galois.* — Soient $K \rightarrow F \rightarrow L$, trois corps commutatifs tels que F et L soient des extensions galoisiennes finies de K, avec les groupes de Galois G/g et G (g désignant le groupe de Galois de L sur F). Nous noterons F^* et L^* les groupes *multiplicatifs* des éléments non nuls de F et L respectivement.

On sait [A. Speiser ([5])] que les groupes de cohomologie $H^1(g, L^*)$,

---

([3]) H. Cartan, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 303-305.

([4]) *Voir* (2), n° 10, ainsi que (7), th. 1.3 (pour la dimension 2).

([5]) *Math. Zeits.*, 5, 1919, p. 1-6.

$H^1(G, L^\star)$, $H^1(G/g, F^\star)$ sont nuls. En examinant alors les termes de degrés 2 et 3 de l'anneau spectral du théorème 1 (où l'on prend $A = L^\star$, $L^\star$ étant muni par exemple de la structure d'anneau de carré nul), on obtient

THÉORÈME 2. — *On a la suite* exacte

$$0 \to H^2(G/g, F^\star) \to H^2(G, L^\star) \to \underline{H^2(g, L^\star)} \to H^3(G/g, F^\star) \to H^3(G, L^\star).$$

(Comme dans le corollaire du théorème 1, les homomorphismes qui figurent dans la suite précédente sont ceux définis par les applications canoniques : $g \to G \to G/g$, à l'exception toutefois du quatrième, qui est défini par la différentielle d_2 dans le cas du corollaire et la différentielle d_3 dans le cas du théorème précédent.)

Nota. — L'exactitude de la suite précédente avait déjà été démontrée pour les trois premiers termes par Eilenberg-Mac Lane ([6]), et pour les quatre premiers, par Hochschild ([7]), théorème 1.2. Signalons à propos du premier travail ([6]) que le groupe $\underline{H^2(g, L^\star)}$ est isomorphe au groupe des classes d'algèbres simples de centre F qui admettent L pour corps de décomposition et qui sont G/g-*normales* [ce n'est qu'une autre façon d'énoncer le théorème 9.2 de ce travail ([6])].

3. *Application au cas où le sous-groupe invariant est libre.* — La cohomologie de g étant nulle en dimensions > 1, l'anneau E_2 se réduit à

$$H(G/g, \underline{A}) + H[G/g, H^1(g, A)],$$

ce qui montre que, seule, la différentielle d_2 peut n'être pas nulle. On en déduit :

THÉORÈME 3. — *Avec les notations et hypothèses du théorème* 1, *et en supposant que g soit libre, on a la suite* exacte

$$\to H^i(G/g, \underline{A}) \to H^i(G, A) \to H^{i-1}[G/g, H^1(g, A)] \to H^{i+1}(G/g, \underline{A}) \to H^{i+1}(G, A) \to \ldots$$

COROLLAIRE. — *Si* G *est un groupe libre, il y a isomorphisme, pour tout* $i > 0$, *entre* $H^i[G/g, H^1(g, A)]$ *et* $H^{i+2}(G/g, A)$.

Plus particulièrement, si l'on suppose que g opère trivialement sur A, on a : $\underline{A} = A$, $H^1(g, A)$, $= \mathrm{Hom}(g, A)$, $\underline{H^1(g, A)} = \mathrm{Ophom}(g, A)$ et l'on retrouve le *Cup-product Reduction Theorem* d'Eilenberg-Mac Lane.

Remarque. — On comparera utilement la suite exacte du théorème 3 à celle par laquelle Thom et Chern-Spanier ont traduit les résultats de Gysin relatifs

([6]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, **64**, 1948, p. 1-20, th. 3.1.

([7]) *Ann. of Math.*, 51, 1950, p. 331-347.

à la cohomologie des espaces fibrés à fibres sphériques. La démonstration utilisée plus haut est d'ailleurs calquée sur celle par laquelle Leray avait retrouvé les résultats de Gysin [8].

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Frottement et viscosité des corps plastiques.* Note [*] de M. **Fernand Charron**, présentée par M. Joseph Pérès.

En première approximation, on peut admettre que les mouvements des corps plastiques très facilement déformables, tels que les graisses lubrifiantes, font apparaître un coefficient de frottement et un coefficient de viscosité; mais les conditions limites aux parois sont très différentes de celles relatives aux liquides.

Il s'agit ici de corps très déformables, comme par exemple les graisses lubrifiantes, et non pas de métaux. Dans un déplacement par couches parallèles au plan des xy, mobiles suivant ox avec une vitesse u, l'effort X par unité de surface serait de la forme

$$X = f + \eta \frac{\partial u}{\partial z} \quad (^1),$$

f étant un coefficient analogue à un frottement et η un coefficient de viscosité qui intervient seulement lorsque $X > f$. Nous nous sommes proposé de déterminer pour certains corps les coefficients f et η et d'étudier leur évolution sous des pressions comprises entre 1 et 1000 atmosphères.

Les conditions limites aux parois jouent un rôle important. Ainsi, de la vaseline est étalée entre deux lames de verre bien polies, de fines particules d'aluminium y ont été incorporées. L'ensemble est placé sur la platine d'un microscope binoculaire stéréoscopique.

La lamelle inférieure est fixe, la lamelle supérieure est déplacée très doucement dans son propre plan. L'ensemble de la couche se déplace avec une vitesse inférieure à celle de la lame, mais en formant bloc, donc en glissant le long des deux lamelles.

Maintenant, la lamelle inférieure polie est remplacée par une lamelle de verre fortement dépolie. Le mouvement lent de la lamelle supérieure laisse la couche de vaseline complètement immobile. La lame inférieure dépolie l'a fixée, la lame supérieure glisse sur la couche de vaseline sans l'entraîner.

Augmentons maintenant la vitesse de translation de la lame supérieure; à partir d'une certaine limite, l'entraînement de la couche adjacente se produit, et, par suite, celui de toutes les couches inférieures avec des vitesses variables

---

[8] *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 281-283, n° 3.

[*] Séance du 25 septembre 1950.

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 614.

suivant leur profondeur. Le microscope binoculaire permettant d'apprécier le relief est particulièrement commode pour cette observation.

Il semble que ces phénomènes pourraient être interprétés ainsi qu'il suit :

La vaseline, comme sans doute la plupart des plastiques, comprend au moins deux phases, la phase dispersée, plus ou moins solide, et une phase liquide. Considérons la couche d'épaisseur E immédiatement en contact avec la lamelle supérieure. Le coefficient f n'est pas le même entre verre poli et plastique qu'entre plastique et plastique, il est plus petit dans le premier cas. Appelons f_1 et f_2 ces deux coefficients ($f_1 < f_2$).

Si l'on considère l'unité de surface de cette couche plane parallèle en mouvement uniforme, il y a égalité entre les forces agissant sur les deux faces opposées

$$f_1 + \left(\eta \frac{du}{dz}\right)_1 = f_2 + \left(\eta \frac{du}{dz}\right)_2.$$

Alors il est concevable que si le déplacement de la lame est très lent, $[\eta(du/dz)]_1$ est très faible et comme $f_1 < f_2$, il n'y a pas place pour le terme $[\eta(du/dz)]_2$, et la couche sous-jacente n'est pas entraînée.

Par contre, si la vitesse de la lame augmente, le terme $[\eta(du/dz)]_1$ prend une importance suffisante pour que

$$f_1 + \left(\eta \frac{du}{dz}\right)_1 > f_2.$$

Alors le terme $[\eta(du/dz)]_2$ apparaît et l'entraînement se produit par couches successives comme dans un liquide visqueux.

Ces expériences fournissent une indication sur les précautions nécessaires dans la recherche des coefficients f et η. Les surfaces de contact paroi-lubrifiant doivent être dépolies si l'on veut avoir le droit de poser, comme conditions aux limites dans les équations du mouvement, que la vitesse du plastique en contact avec la paroi est celle même de la paroi.

Nous avons cherché à réaliser au mieux ces conditions dans les appareils élaborés; nous y reviendrons ultérieurement.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur la loi de fonctionnement optimum des amortisseurs de véhicules terrestres.* Note de M. **Christian Bourcier de Carbon**, présentée par M. Albert Caquot.

L'emploi des amortisseurs est nécessaire sur les véhicules rapides pour assurer le confort et la tenue de route. Quand leur rôle est prépondérant dans les réactions, la loi de freinage doit être proportionnelle à la vitesse de débattement.

Il existe *a priori* une infinité de lois possibles pour le fonctionnement des freins amortisseurs, mais ces lois ne sont pas équivalentes pour le confort du

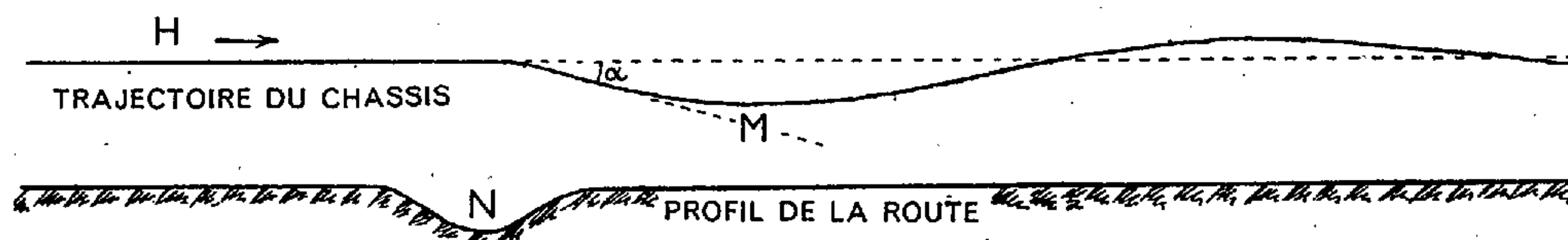
véhicule et il doit exister une loi de fonctionnement optimum. Il s'agit de déterminer cette loi.

Considérons une automobile lancée sur la route. A la vitesse relativement modérée de 72 km/h, un véhicule parcourt 20 m/sec. Lorsqu'à cette vitesse, une roue passe sur un obstacle, puis revient à son niveau primitif, par exemple tombe dans un nid-de-poule N dont l'étendue est de l'ordre du mètre sur la route, l'action transmise au châssis, d'une part par le ressort de suspension, d'autre part par l'amortisseur, ne dure que 1/20 de seconde; cette action est donc comparable à une véritable percussion; la trajectoire horizontale H du châssis se trouve presque instantanément déviée d'un petit angle α, un mouvement oscillatoire amorti vertical se trouve amorcé et l'élongation résultant de cette perturbation passe par un maximum M plusieurs mètres après l'obstacle.

Il est facile de voir qu'à la sortie de l'obstacle, la composante verticale de la vitesse (et par suite l'angle α de la figure ci-jointe) est proportionnelle à l'impulsion totale

$$I = \int (R + A)\, dt = \int R\, dt + \int A\, dt = I_R + I_A$$

communiquée au châssis, d'une part par la variation de longueur du ressort de suspension (réaction R), d'autre part par le freinage de l'amortisseur (réaction A) pendant le mouvement de la roue.



Si l'impulsion totale I communiquée au châssis est nulle, l'angle α sera lui-même nul et le passage de l'obstacle N se réduira pour le châssis à une trépidation de très courte durée (un vingtième de seconde dans l'exemple précédent), trépidation qui sera pour le passager entièrement filtrée par le coussin élastique sur lequel il est assis.

L'amortisseur idéal serait donc celui qui annulerait l'impulsion totale I.

La chose n'est pas possible avec un organe simplement dissipateur d'énergie, ce qu'est un amortisseur proprement dit. Mais l'expérience, confirmant en cela les considérations théoriques, montre que la variation R de réaction du ressort est sensiblement plus faible que la réaction A de l'amortisseur nécessaire à son double rôle. D'ailleurs, si la perturbation imposée à la roue est de durée suffisamment courte, il est facile de voir que l'impulsion I_R tend à s'annuler. Il en résulte que *l'amortisseur conférant au véhicule la plus grande douceur de roulement sera, s'il existe, celui dont l'impulsion* I *est toujours nulle, quel que soit le profil de l'obstacle* N, *lorsque l'amortisseur est revenu à sa position initiale.*

Le problème ainsi posé peut s'énoncer dans les termes suivants : Existe-t-il pour l'amortisseur une loi de freinage A telle que l'impulsion $I_A = \int A\,dt$ soit toujours nulle lorsque l'on a $\int v\,dt = 0$, v désignant la vitesse du débattement de la roue par rapport au châssis ?

Énoncé de cette façon, le problème devient très simple. Il est en effet évident que la solution $A = fv$, f désignant un simple facteur constant, satisfait aux conditions du problème. Cette solution est la seule.

Il en résulte que, *pour conférer au véhicule la plus grande douceur de roulement, l'amortisseur doit être à freinage proportionnel à la vitesse du débattement et à fonctionnement symétrique dans les deux sens. Cette conclusion est contraire à la croyance selon laquelle l'amortisseur doit freiner énergiquement l'écartement du châssis par rapport à l'essieu, et freiner très peu leur rapprochement.*

L'expérience a effectivement confirmé que les amortisseurs construits de manière à réaliser la loi précédente confèrent aux automobiles un excellent confort tout en assurant par ailleurs une parfaite tenue de route.

PYROTECHNIE. — *Vitesse de combustion des poudres sous pression jusqu'à* 10 000 kg/cm². Note (*) de MM. **Jacques** et **James Basset**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Muraour a formulé une loi de la vitesse de combustion des poudres de la forme $V = a + bP$. Nous avons cherché à vérifier expérimentalement cette loi jusqu'à de très hautes pressions en brûlant un bâtonnet de poudre, protégé par du vernis gomme laque, dans une atmosphère d'azote comprimé.

Il résulte de ces expériences qu'il semble que, pour certaines poudres, une loi linéaire ne représente qu'approximativement la vitesse de combustion pour des régions plus ou moins étendues du domaine des pressions inférieur à 1000 kg/cm².

Les travaux de Muraour sur la vitesse de combustion des poudres, exécutés à la bombe Vieille ou à la bombe Krupp, l'ont conduit à formuler une loi de la forme $V = a + bP$, a et b étant des constantes particulières à chaque poudre. Dans d'autres travaux, poursuivis dans une bombe pouvant supporter 50 kg/cm², Muraour a déterminé que la présence de NO dans les gaz de la combustion à basse pression disparaissait vers 50 kg/cm², avec augmentation de la luminosité de la couche en combustion ([1]).

Nous avions dès 1939 proposé au Comité Scientifique des Poudres d'étudier la vitesse de combustion des poudres sous pression dans nos appareillages à ultra-pression précédemment décrits ([2]).

(*) Séance du 25 septembre 1950.

([1]) Muraour, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1117; *Chim. et Industrie*, **47**, n° 6, 1942, p. 602; *Chim. et Industrie*, **50**, n° 6, 1943, p. 172.

([2]) J. Basset, *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 928; **195**, 1932, p. 1242; *J. Phys.*, **10**, 1939, p. 217.

Cette étude, dont l'intérêt avait été signalé par Muraour, empêchée par la Guerre, a pu être reprise dès 1945, soit dans notre laboratoire, soit dans le Laboratoire des hautes pressions du Service des Poudres.

Dans nos expériences, la vitesse de combustion, sur une face, est mesurée dans un gaz inerte : azote ou argon, comprimé dans une chambre à expériences au centre de laquelle est placé verticalement un bâtonnet de poudre d'environ 3^{mm},5 de diamètre et 50^{mm} de longueur, cette disposition étant celle des expériences de Muraour.

La surface du bâtonnet est protégée par trois couches de vernis à la gomme laque pour éviter la propagation de la combustion sur la paroi latérale. Ce vernis se détruit au fur et à mesure de la progression de la combustion sans former de puits au fond duquel brûle la poudre.

Deux fils de plomb de 1/10 de millimètre de diamètre traversent le bâtonnet à environ 40^{mm} l'un de l'autre. Ils sont coupés au passage de la flamme de combustion.

Un fil, porté au rouge électriquement, met le feu à l'extrémité supérieure du bâtonnet.

La pression choisie pour chaque tir, varie peu pendant la combustion (3 à 10 %), en raison du grand volume de la chambre.

Nous admettons que la vitesse de combustion mesurée est celle de la moyenne arithmétique des pressions initiale et finale, pendant la combustion.

Le tableau de chiffres A permet d'établir le graphique représentant les vitesses de combustion constatées pour six poudres, parmi celles étudiées.

Ces courbes, obtenues dans les conditions expérimentales ci-dessus décrites, présentent dans la région des pressions inférieures à 1000 kg/cm^2 une convexité : très légère pour la poudre 5, plus accentuée pour les poudres 1, 2, 3, 4, et très fortement marquée pour la poudre 6 qui présente un véritable palier horizontal. La poudre 1, très régulière et parfaitement homogène, donnant des résultats parfaitement reproductibles ne donnant aucun doute sur l'existence de cette convexité.

Il semble, que, dans les conditions exposées, la vitesse de combustion en fonction de la pression ne paraît donc pas obéir, tout au moins pour certaines poudres, à une loi rigoureusement linéaire dans la région des pressions au-dessous de 1000 kg/cm^2. Au delà de 1000 kg/cm^2, cette loi devient linéaire pour toutes les poudres.

Pour les poudres dont la convexité de la courbe est peu prononcée, on peut représenter la loi de leur vitesse de combustion par une droite passant dans l'ensemble des points expérimentaux. Pour d'autres poudres il faut admettre plusieurs droites si l'on veut une même approximation.

Ces résultats ont suscité des critiques. Les anomalies de la vitesse de combustion sous pressions moyennes étant attribuées à l'influence du vernis de protection des brins de poudre. Toutefois l'existence de convexités non discu-

tables, comme celles de la poudre 6 et de la poudre 1, peut s'expliquer par des modifications dans les équilibres des réactions chimiques pendant la combustion. Ces équilibres dépendent de la pression et il se peut qu'ils ne se stabilisent qu'à partir d'une certaine pression pour un type de poudre. Par exemple, comme l'avait constaté Muraour, nous avons vérifié qu'on constate la présence de NO dans les gaz en proportion d'autant plus importante que la pression est plus faible au-dessous de 80 kg/cm².

Au cours de nos essais nous avons constaté la décomposition à une très grande vitesse de quelques bâtonnets, au lieu de combustion.

Composition des poudres (%).

Poudre N°	Taux d'azote.	Coton P.	Nitrog.	Centralite.	Diphényl-uréthane.
1........	13,04	59,2	31,2	3	6,6
2........	12,30	69,7	22	8,55	–
3........	14,21	58,7	36,5	4,8	–
4........	14,77	58	41	0,99	–
5........	11,73	66	21	13,1	–
6........	Propulsive au chlorate (composition non communiquée) référence (25 BFFI *r*-25 C, *h*-185 A, I-P50)				

A. — *Vitesse de combustion sur une face en* mm/sec.

Pression kg/cm²..........	50.	100.	200.	300.	400.	600.	800.	1000.	2000.	5000.	10 000.
Poudre N°.											
1..........	6,5	13	26	37,5	45	57	65	75	140	335	646
2..........	6	10,5	17	23,5	28,5	38	47	53,5	104	270	542
3..........	8	17,5	33	46	56	70	83,5	100	178	398	765
4..........	15	25	44	57,5	66,5	82	100	119	215	490	950
5..........	5	9	15	19	22,5	28	37	45	95	250	508

Poudre n° 6 au chlorate.

Pression kg/cm²..........	10.	20.	40.	50.	100.	200.	300.	400.	600.	800.	1800.
V..........	8	9,3	12	13	14	14	16	22	43	68	190

RAYONS COSMIQUES. — *Anisotropie des rayons cosmiques à haute altitude étudiée par les émulsions photographiques.* Note (*) de MM. **Pierre Demers**, **Réal Courtemanche** et **Gilles Lamarche**, présentée par M. Jean Cabannes.

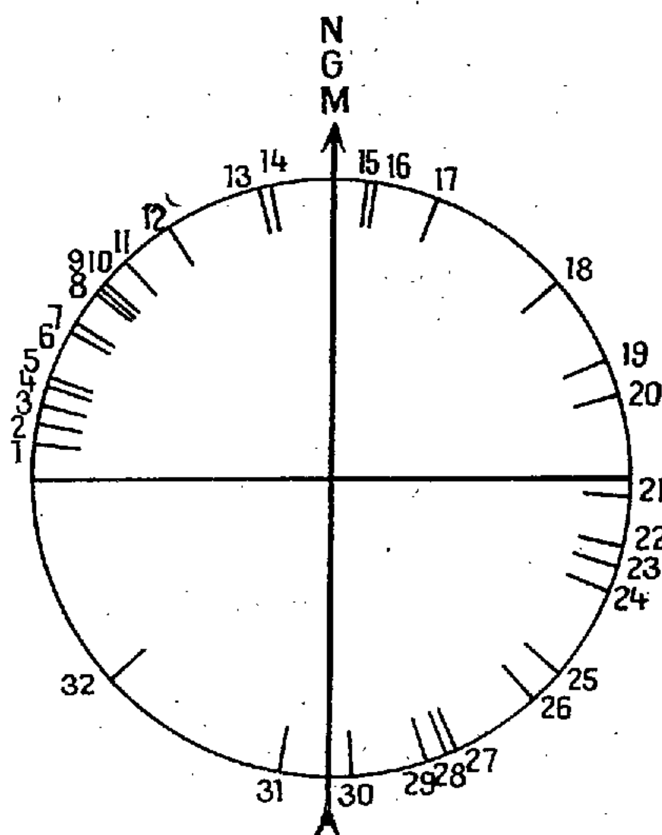
Des émulsions photographiques préparées au laboratoire par les procédés décrits ([1]), ([2]), sous forme de feuilles sans support, ont été disposées en

(*) Séance du 18 septembre 1950.

([1]) P. Demers, *Science*, **110**, 1949, p. 380.

([2]) P. Demers, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 616.

empilements épais de plusieurs millimètres, ce qui permet de suivre les trajectoires d'une feuille à l'autre ([3]). On a irradié ces empilements dans des ascensions de ballons de néoprène, et aussi de ballons préparés au laboratoire avec des feuilles très minces de polythène données par CIL, tous lancés de Montréal, latitude géomagnétique 57 N. Les feuilles sensibles restaient orientées par rapport aux points cardinaux parce qu'elles étaient portées par l'équipage mobile d'une boussole ([3]). L'examen de deux feuilles totalisant 50^{cm^2} ou 1^{cm^3} a montré 69 étoiles, et 6 trajectoires très lourdes primaires, après une heure de séjour entre 14 et 26^{km} d'altitude. 4 de ces 6 trajectoires lourdes viennent du côté Ouest; si l'on fait l'addition des 6 vecteurs unitaires représentant leurs directions, on trouve une résultante de 2,1 venant de l'Ouest géomagnétique. Toutes ces particules d'ailleurs sont incidentes presque verticalement, parce qu'elles sont près de la fin de leur parcours dans l'atmosphère, de sorte que les déviations subies avant d'atteindre l'émulsion sensible gênent l'observation de la dissymétrie Ouest-Est. Ce résultat préliminaire s'accorde, s'il ne la démontre pas, avec l'origine Ouest des particules lourdes, donc à la fois avec leur charge positive et avec leur origine extraterrestre.



Sur 69 étoiles 32 montrent une trajectoire très faible pouvant être celle de la particule incidente. La distribution des directions marque un maximum vers le Nord-Ouest et un autre vers le Sud-Est (*fig.* 1). L'interprétation que nous proposons est la suivante : la direction NW est celle de la particule incidente, qui est soit un rayonnement primaire positif, soit, selon le cas, un rayonnement secondaire conservant la direction du rayonnement primaire qui l'a causé. La

(³) P. Demers, *Can. J. Res.*, A. 28, 1950; *Ann. acfas*, 16, 1950, p. 74-76.

direction SE est celle de la particule émergente, qui dans ce cas conserve la direction de la particule incidente invisible, et qui se déplace comme la particule primaire positive qui cause l'étoile directement ou non. Une particule primaire négative marquerait un maximum pour la direction incidente au Nord de l'Est, et un autre pour la direction émergente, au Sud de l'Ouest. Ces résultats suggèrent que la radiation primaire responsable d'une grande partie des étoiles vient de l'Ouest et est chargée positivement. Quand la particule incidente est visible, elle est probablement un proton, d'après la sensibilité de l'émulsion réalisée (deux fois le minimum d'ionisation, électrons de 100 kV, mésons de 25 MV, protons de 250 MV), et d'après l'énergie minimum causant une désintégration.

MÉTALLOGRAPHIE. — *L'application de la diffraction électronique à l'étude des cristaux uniques d'alliage.* Note de M. **Heinz Raether**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si l'on veut appliquer la méthode de diffraction électronique à l'étude des alliages, il est important d'utiliser des cristaux uniques. On peut ainsi espérer obtenir des renseignements très détaillés sur leurs transformations structurales. Il est donc nécessaire, pour permettre la transmission des électrons de produire des monocristaux d'alliage d'une épaisseur assez faible (quelques centaines d'Angströms) qu'on peut étudier par diffraction et microscopie électronique.

On obtient des monocristaux métalliques en vaporisant le métal sous vide sur une face clivée de sel gemme (100) chauffée à quelques centaines de degrés [1]. Nous avons cherché à appliquer cette méthode aux alliages, la difficulté consiste alors en ce qu'il faut vérifier la composition du film condensé sur le sel gemme. On pourrait vaporiser séparément des quantités calculées des constituants, mais les pressions de vapeur et les conditions de condensation des divers constituants sur le sel gemme chauffé peuvent être trop différentes pour que l'on puisse garantir la composition de la couche déposée. Même si la composition était conservée, on obtiendrait de toute façon par ce processus un alliage assez mal homogénéisé. Nous avons obtenu les meilleurs résultats en vaporisant l'alliage lui-même. Les films condensés étaient séparés du sel gemme par immersion dans l'eau et recueillis sur une grille métallique.

Nous avons étudié tout d'abord un alliage or-cuivre de concentration atomique en cuivre 75 %. L'alliage vaporisé était condensé sur une surface de sel gemme chauffée à 380-400° C. La couche, une fois recueillie, était homogé-

(1) H. Lassen, *Phys. Zeits.*, 35, 1934, p. 172.

néisée par un recuit de 30 minutes à 600° C. Sa composition peut alors être vérifiée de deux manières :

1° On mesure la distance réticulaire qui dépend dans la solution solide or-cuivre de la concentration en cuivre. Par exemple l'alliage à 75 % de cuivre a une maille $d = 3,748$ Å ($d_{Au} = 4,070$ Å, $d_{Cu} = 3,607$ Å). Les mesures ont donné une valeur de la distance réticulaire $d = 3,732$ Å, ce qui correspond à 78 % de cuivre, la composition de l'alliage de départ étant 76,5 % de cuivre.



a b

Diagramme électronique d'un monocristal d'alliage de concentration $AuCu_3$.

a, recuit pour 30 minutes à 380° C : les taches d'interférence de parité mixte sont visibles (taches de surstructure); *b*, recuit pour 30 minutes à 393° C : les taches de surstructure sont à peine visibles.

2° L'alliage de composition $AuCu_3$ (réseau cubique à faces centrées) peut exister dans un état ordonné (surstructure) où les atomes de cuivre se placent aux faces de la maille cubique, dont les sommets sont occupés par les atomes d'or. Les taches d'interférences dont les indices sont de parité mixte ne sont alors plus supprimées (raies de surstructure). Cette surstructure (ordre à grande distance) disparaît à la température critique qui est de 388° C pour 75 % de cuivre, elle s'abaisse pour les compositions voisines. Nous avons mesuré la température critique pour l'échantillon cité plus haut : le film monocristallin était chauffé dans un four permettant l'obtention du diagramme à chaud. Les clichés étaient pris après un recuit de 30 minutes à la température choisie. Alors on obtient un diagramme qui montre les taches de surstructure dont l'intensité est comparable à celle des taches fondamentales (indices de même parité) (*fig.* 1 *a*). Si l'on élève la température, les taches de surstructure disparaissent entre 386 et 388° C en bon accord avec la valeur donnée plus haut (*fig.* 1 *b*). Les deux mesures (1) et (2) permettent de vérifier la composition de l'alliage. Cet accord montre en plus qu'une couche mince de l'alliage $AuCu_3$ présente la même température critique qu'un échantillon massif; il n'y a pas d'anomalie provoquée par la faible épaisseur.

Ces cristaux uniques d'or-cuivre permettent une étude détaillée de l'établissement de l'ordre jusqu'à la température critique et de la transformation de l'ordre en désordre au-dessus de la température critique. Les résultats en seront publiés prochainement.

L'observation dans le microscope électronique montre que cette couche est composée d'une grande quantité de petits-cristaux de forme irrégulière, mais dont les réseaux sont fortement orientés par le support monocristallin comme le montre la diffraction électronique. Les cristaux sont plus ou moins séparés dans les couches de faible épaisseur, ils se touchent et se recouvrent dans les films plus épais.

On peut utiliser cette méthode pour produire des monocristaux assez minces de différents alliages. Nous l'avons appliquée entre autres à l'alliage aluminium-cuivre qui présente un intérêt particulier à cause du phénomène du durcissement structural. Pour prévoir la température de la surface de sel gemme qui produit l'orientation complète de l'alliage condensé, on peut se rapporter aux températures qui ont été mesurées dans le cas des métaux purs ([2]) (Fe, Cr, Ag, Au, Al, Ni, etc.). En général la température d'orientation de l'alliage est voisine de la valeur correspondant au composant qui exige la température la plus élevée.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'interprétation de la diffusion des rayons X par les alliages à durcissement structural.* Note de M. **André Guinier**, présentée par M. Charles Mauguin.

Geisler et Hill ([1]) ont tenté de donner une explication générale des phénomènes de diffusion accompagnant le processus de la précipitation d'une solution solide sursaturée : les taches diffuses observées sur les diagrammes seraient les taches de Bragg d'une phase précipitée, élargies par suite de la très petite taille des cristallites précipités. Au cours du durcissement, ceux-ci croîtraient progressivement en prenant successivement la forme d'aiguilles, de plaquettes et enfin de volumes étendus dans les trois dimensions. Revenant ainsi aux premières idées de Mérica, les auteurs estiment qu'il est inutile de faire intervenir les zones de préprécipitation.

En rassemblant nos résultats expérimentaux sur la diffusion des rayons X aux premiers stades du durcissement, nous sommes arrivé à la conclusion que, sous sa forme la plus simple, la théorie de Geisler et Hill ne peut rendre compte des faits observés. D'autre part, il n'est pas non plus possible d'admettre, comme nous l'avions fait d'abord ([2]), que dans les zones de rassemblement, les atomes étrangers restent sensiblement aux nœuds de la matrice.

En réalité, les zones ont une structure *irrégulière*, qui est intermédiaire

---

([2]) L. Brück, *Ann. Physik*, **26**, 1936, p. 233.

([1]) A. H. Gesler et J. K. Hill, *Acta Cryst.*, **1**, 1948, p, 238.

([2]) A. Guiner, *Ann. Phys.*, **12**, 1939, p. 161.

entre la structure de la matrice et celle d'une phase différenciée à haute teneur en éléments dissous. Évidemment l'on peut aussi bien considérer ces zones comme un précipité à réseau déformé ou comme la matrice perturbée : nous pensons que ce second point de vue est préférable, car la structure de la zone se rapproche plus du réseau dont elle issue.

Les points qui nous semblent les plus importants pour la compréhension du phénomène sont les suivants :

1° Les troubles de périodicité dans les zones de rassemblement sont un fait essentiel. Ils sont nécessaires pour l'explication des diffusions observées et aussi du changement des propriétés mécaniques de l'alliage pendant le durcissement. Du fait de ces perturbations, la structure de la zone est assez différenciée de celle d'un véritable cristal pour que l'on conserve la notion de zone de précipitation.

2° La structure dont la zone tend à se rapprocher est, en règle générale, différente du précipité qu'on observe au stade suivant du processus. Ainsi, dans l'alliage Al-Cu ([3]), nous avions trouvé que les premiers amas plans riches en cuivre s'organisaient progressivement en *zones à surstructure*; par la suite, ces zones disparaissent pour être remplacées par le précipité θ'. Or les diagrammes de diffusion montrent qu'il est impossible de considérer les zones comme du précipité θ', même très petit ou très déformé. Mais en poursuivant le recuit plusieurs semaines à 150°C, nous avons observé que les taches diffuses se précisaient de plus en plus sur les diagrammes et finissaient par devenir assez nettes pour caractériser une phase cristalline bien définie. Cette nouvelle phase intermédiaire, que nous appellerons θ'', a une maille quadratique : $a = 4{,}04$ Å, comme la matrice, $c = 7{,}7$ Å, soit un peu moins que $2 \times 4{,}04$. Le modèle suivant rend compte de l'intensité des taches de diffraction : il y aurait succession de plans d'atomes semblables aux plans (100) de l'aluminium à des intervalles 2; 1,9; 1,9; 2 Å, le plan médian contenant des atomes de cuivre à la place de l'aluminium. A la température de 180°C, la phase θ' succède aux zones à surstructure, sans que θ'' ne se forme, et à 140° la structure des zones ne se précise pas encore après deux mois. Des faits analogues se retrouvent dans beaucoup d'alliages : il n'y a que dans le système Cu-Be, où les premiers rassemblements ont une structure directement dérivée du précipité ultérieur ([4]).

L'apparition successive de phases qui ne peuvent se déduire l'une de l'autre par des mouvements simples d'atomes prouve qu'on ne peut pas se représenter le phénomène comme le grossissement continu des premières particules. Dans le cas de l'alliage Al-Cu durci à la température ambiante, nous avons évalué le nombre des atomes de cuivre se trouvant dans les amas plans en mesurant

---

([3]) A. GUINIER, *Journ. Phys.*, 8, 1943, p. 124.
([4]) P. JACQUET et A. GUINIER, *Rev. Met.*, 1944.

l'intensité des diffusions qu'ils produisent : malgré l'imprécision de telles mesures, on peut en conclure que la majeure partie des atomes de cuivre ont quitté la solution solide. La précipitation se produit non pas par l'élimination progressive des atomes dissous en excès, mais par le changement de la répartition des atomes éliminés depuis le stade des amas plans qui en contiennent quelques centaines jusqu'à celui des précipités visibles au microscope, où il s'en trouve 10^{12}. Tout le long du processus, il y a redissolution de certains noyaux au profit d'autres stables à cause de leur structure ou simplement de leur taille.

Cette idée de non-continuité du phénomène de la précipitation explique les complications de l'évolution des propriétés du métal qui durcit. C'est grâce à elle, par exemple que, pour l'alliage Al-Cu, on peut rendre compte de la forme des courbes de dureté au cours du revenu isotherme, de la réversion, des phénomènes calorimétriques décrits par Borelius ([5]), des différences entre durcissement à froid et à chaud signalées par Dehlinger.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure des déshydrolutéo- et déshydroisodypnopinacolines. Nouveaux cas de transposition rétropinacolique par déshydrogénation.* Note de MM. **Dimitre Ivanoff, Tchavdar Ivanoff** et Mme **Boïca Stoïanova-Ivanova**, présentée par M. Marcel Delépine.

Par l'action du brome et de l'acide azotique sur la lutéo- et la isodypnopinacoline en milieu acétique, M. Delacre obtient les déshydrodypnopinacolines correspondantes ([1]).

Récemment, D. Ivanoff et Tch. Ivanoff ont établi que la lutéodypnopinacoline a la structure (I) et l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ qui s'obtient par la décomposition alcaline des dypnopinacolines, la structure (II) ([2]).

D'autre part, D. Ivanoff et collaborateurs ont démontré que l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ déshydrogéné au moyen de brome ou d'acide azotique donne l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$ (III) qui est méthyl-1 triphényl-2, 3, 5-benzène ([3]).

Il a été prouvé dans le travail cité que lors de la déshydrogénation une transposition rétropinacolique s'effectue. Et comme la lutéo- et l'isodypnopinacoline sont des dérivés benzoylés de l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$, il est très probable que sous l'action de ces mêmes agents déshydrogénants il se produit une transposition analogue dans la structure. Dans ce cas, pour la déshydrolutéodypnopinacoline nous devons admettre la formule (IV).

Quoique la structure de l'isodypnopinacoline ne soit pas encore éclaircie,

---

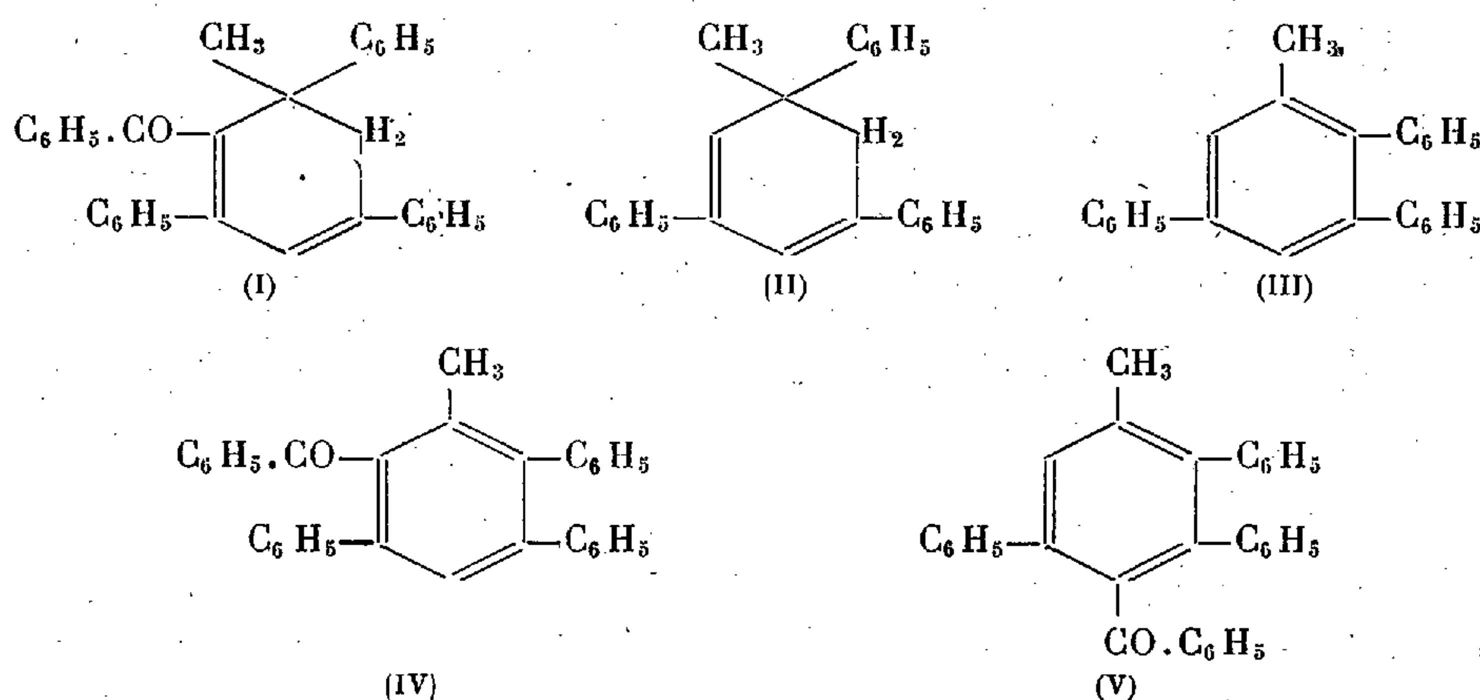
([5]) *Ark. Mat. Astr. Fys.* 32 A, n° 21, 1945.

([1]) *Ann. de Chimie*, (9), 5, 1916, p. 159-186.

([2]) *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 77, 1944, p. 173.

([3]) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 535.

mais tenant compte de ce que par décomposition alcaline elle donne aussi l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ (II) ([4]) et par déshydrogénation au moyen du soufre, la triphénylbenzophénone ([5]), et que pourtant la déshydroisodypnopinacoline est différente de la déshydolutéodypnopinacoline, nous pouvons lui attribuer la structure (V).



Si ces formules des déshydrodypnopinacolines sont exactes, ces dernières, soumises à décomposition alcaline, doivent donner de l'acide benzoïque et l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$ (III). En effet les résultats du dédoublement alcalin des deux déshydrodypnopinacolines ont confirmé cette hypothèse.

2g,121 de déshydrolutéodypnopinacoline mélangée avec quatre fois son poids de potasse caustique pure sont chauffés pendant 3 heures à 275-280° dans un creuset d'argent, muni d'agitateur et de réfrigérent (bain de KNO_3 et $NaNO_2$). La masse fondue est traitée à l'eau, acidifiée à l'acide sulfurique et extraite à l'éther. L'acide benzoïque est isolé au moyen de bicarbonate de sodium et purifié par sublimation. Il pèse 0g,66 ou 72,6% de la théorie. Le produit neutre obtenu de la solution éthérée laisse déposer dans de l'alcool une petite quantité d'un corps de couleur jaune qui, purifié dans de l'acétone, fond à 249-251°. Des eaux-mères on isole un produit résineux de couleur brune qui, distillé sous 2mm, donne une substance incolore. Celle-ci recristallisée dans de l'alcool fond à 94°. Cette substance s'est montrée identique à l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$.

L'essai de la même décomposition de 2g,121 de déshydroisodypnopinacoline dans les mêmes conditions, mais à une température de 290-310°, donne 0g,23 d'acide benzoïque ou 41,1 % et l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$. Une partie des déshydrodypnopinacolines ne subit pas la décomposition à cause de leur facile sublimation.

La structure des déshydrodypnopinacolines a été démontrée d'une façon plus sûre par une synthèse de Friedel-Crafts à partir de $C_{25}H_{20}$ et du chlorure de benzoyle.

4g,88 $C_{25}H_{20}$, 43g CS_2, 2g,5 de Cl_3Al et 2g,33 de C_6H_5COCl ont donné 3g d'un produit incolore qui, recristallisé dans l'alcool, fond à 189-190° et s'est montré identique à la déshydrolutéodypnopinacoline (IV). La déshydroisodypnopinacoline, même en petite quantité, n'a pas été trouvée, probablement à cause de l'empêchement stérique que présentent les deux groupes phényliques.

([4]) *Bull. Acad. royale de Belg.*, (3), 29, 1895, p. 858.

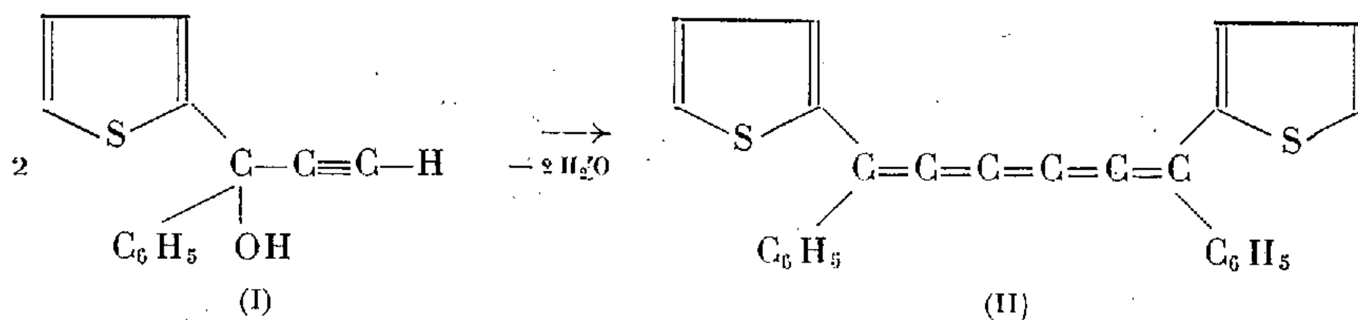
([5]) Tch. Ivanoff, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 813.

En conclusion. — Les résultats de la décomposition alcaline de la déshydrolutéo- et de la déshydroisodypnopinacoline, de même que leur synthèse, laissent admettre pour la première la structure (IV)-méthyl-2 triphényl-3, 4, 6 benzophénone et pour la seconde la structure (V)-méthyl-4 triphényl-2, 3, 6 benzophénone. Il s'ensuit que leur formation à partir des dypnopinacolines correspondantes offre de nouveaux cas de transposition rétropinacolique par déshydrogénation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des* cumulènes, *le di-(α)-thiényl-1.6 diphényl-1.6 hexapentaène*. Note de MM. **Paul Cadiot, Bernard Rutimeyer** et **Antoine Willemart**, présentée par M. Charles Dufraisse.

La préparation du di-(α)-thiényl-1.6 diphényl-1.6 hexapentaène, premier *cumulène* thiofèné, est décrite par une réaction de doublement d'un carbinol acétylénique antérieurement décrite.

La nouvelle synthèse de *cumulènes* antérieurement décrite ([1]) a pu être généralisée. En particulier, l'(α)-thiényl-1 phényl-1 propyne-2 *ol*-1 (I) a fourni dans les conditions opératoires convenables le di-(α)-thiényl-1.6 diphényl-1.6 hexapentaène (II) :



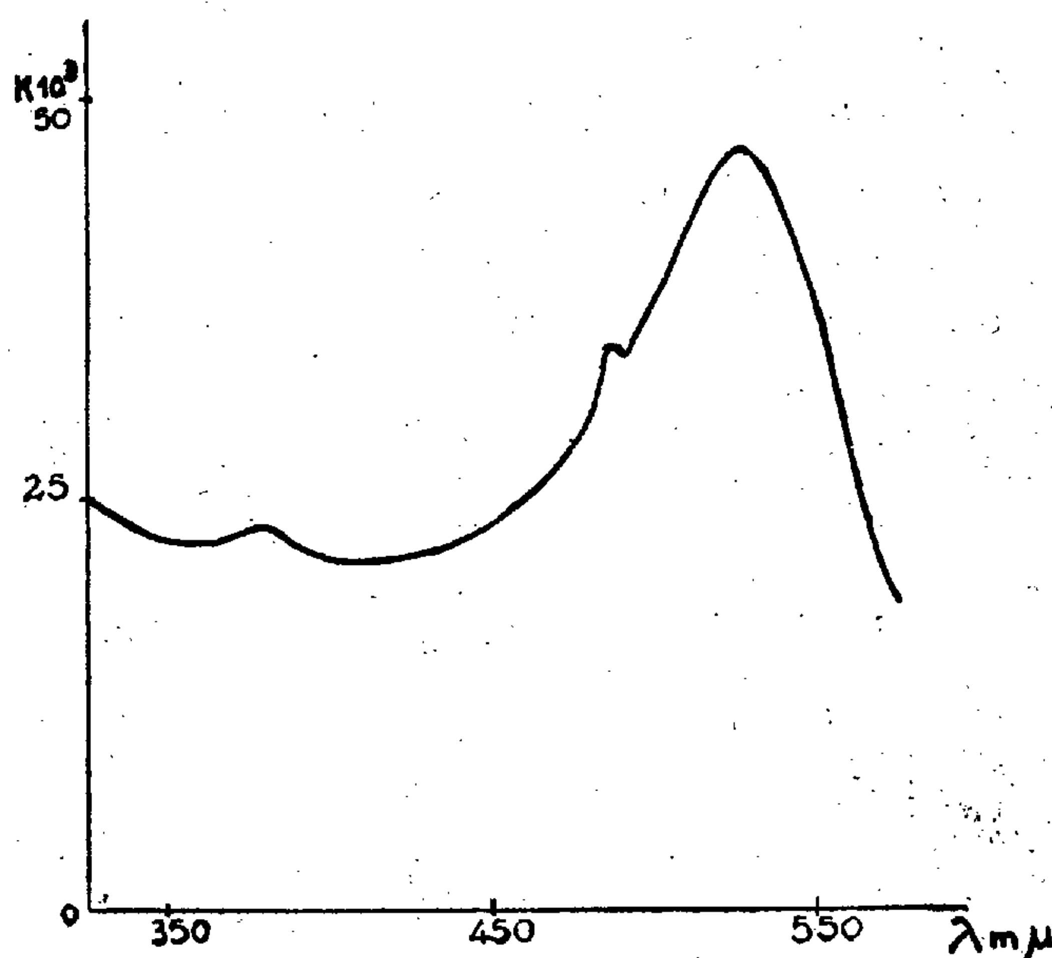
Le carbinol acétylénique (I) a été préparé par condensation de l'acétylène sur l'(α)-thiényl-phénylcétone, réaction d'éthynylation effectuée au moyen de la potasse anhydre dans le tétrahydrofuran comme solvant réactionnel. Cet alcool, obtenu avec un rendement d'environ 70 %, se présente sous forme de cristaux incolores, fondant à 54° (bain d'acide), pouvant être distillés à 180° sous 18^{mm}, très solubles dans l'alcool, l'éther, le benzène, peu solubles dans la ligroïne (théorie pour $C_{13}H_{10}OS$: calculé % C 72,90; H 4,67; O 7,47; trouvé % C 72,88; H 4,75; O 7,41) ([2]) (hydrogène mobile d'après Zerewitinoff : théorie 0,934; trouvé 0,944).

En traitant le carbinol acétylénique (I) par l'anhydride acétique et la potasse

([1]) P. Cadiot et A. Willemart, *Comptes rendus*, **229** 1949, p. 130.

([2]) Les analyses ont été effectuée par le Laboratoire Municipal sous la direction de MM. Moureu et Lévy.

anhydre en présence d'éther anhydre, à zéro degré, on a pu obtenir un composé cristallin violet foncé avec parfois des rendements de l'ordre de 50 %. Malheureusement ce corps s'est révélé particulièrement instable et n'a pu être recristallisé sans destruction notable, voir même complète, en une poudre brune. Cette instabilité (rencontrée par ailleurs dans d'autres cumulènes, mais à un degré moindre) est telle qu'il ne nous a pas été possible de conserver un échantillon de bel aspect plus d'une journée. Malgré la rapidité des méthodes d'analyses modernes, une détermination correcte du dosage des éléments n'a pu être effectuée : la teneur en carbone étant toujours trop faible. La décomposition est vraisemblablement due à une oxydation par l'oxygène atmosphérique, les analyses du produit brun montrant qu'il a dû y avoir fixation de 11 % environ d'oxygène.



La détermination de la température de fusion n'a pu aussi être effectuée avec précision par suite de l'instabilité du composé.

Toutefois, le spectre d'absorption du composé violet a pu être déterminé en solution chloroformique sur un produit purifié par chromatographie : la courbe d'absorption obtenue ne laisse pas de doute sur la nature *cumulène* du produit.

On peut remarquer que les trois sommets, situés respectivement à 380, 485 et 526$^{m\mu}$, sont analogues à ceux constatés dans le cas du tétraphénylhexapentaène et n'ont subi qu'un décalage vers les grandes longueurs d'onde : cet effet hypsochrome doit être attribué à la présence de deux noyaux thiofémiques remplaçant deux noyaux benzéniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et constitution des peroxydes* chaulmoogriques. Note (*) de MM. **Pierre Baranger** et **Roger Maréchal**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Préparation des peroxydes *chaulmoogriques* par l'action de l'air divisé à 40°. L'oxygène peroxydique serait fixé sur la double liaison cyclopenténique. Ces peroxydes se mettent facilement en émulsion aqueuse. Leur action thérapeutique possible dans le cancer, la lèpre, la tuberculose et le trachome est mentionnée.

P. Baranger a signalé ([1]) que les préparations chaulmoogriques se peroxydent facilement en présence d'oxygène et suggère que l'activité antilépreuse des dérivés chaulmoogriques pourrait être due à la présence de peroxydes. Les préparations pures, distillées et stérilisées, sans peroxyde, seraient par suite moins actives que les anciennes, sommairement fabriquées et conservées à l'air libre. Cette hypothèse s'accorde avec les observations faites par différents léprologues qui ont eu l'occasion d'utiliser les vieilles préparations. L'expérimentation actuellement en cours semble justifier cette hypothèse.

L'expérimentation thérapeutique a été étendue au trachome, à la tuberculose et au cancer ([2]). L'utilisation des peroxydes dans le traitement du cancer doit être reliée avec des observations éparses dans les publications ([3]), ([4]), ([5]), ([6]). Des peroxydes tels que ceux de la diformaldéhyde, de l'acide formique, auraient une action inhibitrice sur certaines tumeurs cancéreuses expérimentales. D'autres observations isolées concernant l'action inexpliquée d'acides gras ou de leurs dérivés dans divers processus cancéreux pourraient être rattachées à l'action des peroxydes.

Enfin on sait que l'action des rayons X sur les milieux aqueux contenant de l'oxygène dissous, provoque la formation de peroxyde d'hydrogène et il n'est pas impossible que l'action anticancéreuse des rayons X ne soit partiellement due à la formation d'oxygène peroxydique dans les milieux cellulaires. Les résultats obtenus dans le traitement du trachome et de la tuberculose seront publiés d'autre part. Cette Note donne des précisions sur la préparation et la constitution des peroxydes *chaulmoogriques*.

(*) Séance du 25 septembre 1950.

([1]) *J. Inter. Leprosy*, 1949, p. 49.

([2]) R. Lefèvre, P. Baranger et Pariset, *Ve Congrès du cancer*, Paris, 1950.

([3]) Kock et Maisin, *Cr. Soc. Biol.*, 1935, p. 104.

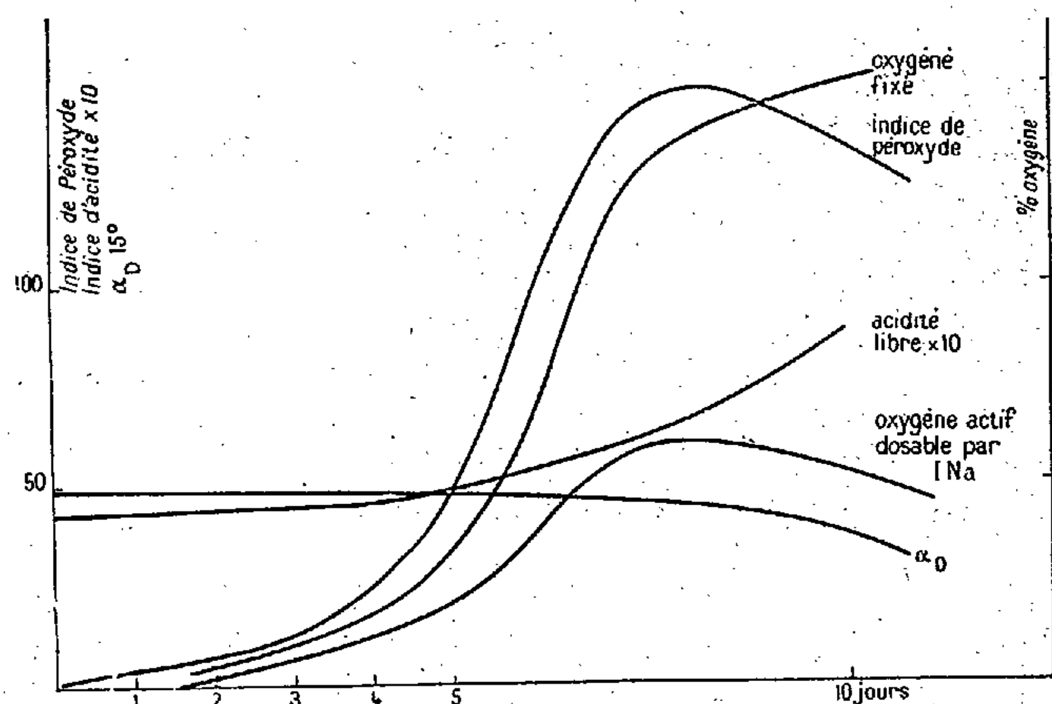
([4]) J. Maisin et F. Robert, *id.*, 1936, p. 159.

([5]) Magat, *Z. Krebs Forsch.*, 1928, p. 378.

([6]) Magat, *id.*, 1933, p. 219.

Préparation. — L'éther *chaulmoogrique* total : indice d'iode (Hanus) 83, indice de sapo 175, acidité libre 3, α_D 15° = 53°, obtenu par alcoolyse de l'huile d'*Hydnocarpus Whigtiana,* est peroxydé par passage d'air finement divisé à 40°. Le graphique montre la marche d'une peroxydation. L'indice de peroxyde est déterminé par action de INa (¹). Un indice de 100 correspond à 1/2 O dosable dans 1000ᵍ.

On voit qu'à partir d'un indice de 150 environ toutes les courbes changent d'allure; il y a autoxydation du produit.



Graphique 1.
Cinétique d'une peroxydation à 40° de chaulmoograte d'éthyle.

Constitution. — Les peroxydes obtenus ne contiennent pas d'hydroperoxydes analogues à ceux ROOH dérivant des alcools. Ces derniers sont en effet acétylables, ce qui n'est pas le cas des peroxydes « chaulmoogriques ». Cela est contraire à l'hypothèse mise en avant par différents auteurs et reprise par Gibson (7); d'après cette hypothèse un CH_2 de la chaîne hydrocarbonée pourrait se transformer en hydroperoxyde —CH(OOH)— dans les huiles éthyléniques soumises à l'action de l'oxygène. D'autre part, la mesure de l'indice d'iode montre qu'il y a disparition des = dans une proportion correspondant au nombre de O_2 fixés, soit 15 % pour un indice de peroxyde de 100. L'indice d'iode est mesuré par la méthode Hanus rapide (8) modifiée comme il suit :

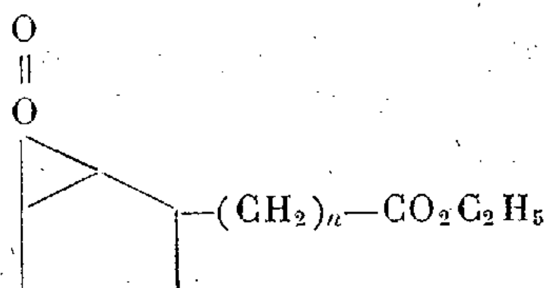
Avant d'ajouter l'IK on ajoute 25$^{cm^3}$ d'eau saturée de Na_2SO_4 pour précipiter l'huile iodée et peroxydée, qui est alors séparée de telle sorte que le peroxyde ne peut libérer l'I de IK et fausser le dosage des =. Enfin la moitié environ de l'I fixé est dosable par INa et se trouve donc sous une forme

---

(7) *Chem. Soc.*, 1938, p. 2275.

(8) F. A. Noris, *Ind. Eng. Chem.* (*Analyt. Ed.*, 1943, p. 259).

spéciale. Ces observations suggèrent la constitution suivante :



déjà proposée par Paquot ([9]), pour les peroxydes d'huiles éthyléniques.

Mise en émulsion. — Les mélanges peroxydés d'indice 100 environ, se mettent facilement en émulsions aqueuses à 10 % et plus. Le pH doit être légèrement alcalin. Ces émulsions ultramicroscopiques sont injectables par voie intraveineuse.

Stabilité. — Les peroxydes d'indice voisin de 100 sont stables à 0° pendant plusieurs mois à l'état huileux et pendant quelques heures en émulsion. L'étude des peroxydes *chaulmoogriques* et autres est poursuivie tant au point de vue chimique qu'au point de vue thérapeutique.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur quelques facteurs physiologiques du milieu portuaire de La Pallice (Bassin à flot).* Note de M. **Bernard Callame**, présentée par M. Paul Portier.

Au cours d'études poursuivies par le Centre de Recherches et d'Études Océanographiques à la Station de La Rochelle-La Pallice sur les *salissures* de carènes ([1]), nous avons été conduit à étudier les conditions du milieu portuaire (Bassin à flot de La Pallice) comme facteurs écologiques vis-à-vis des organismes sessiles.

Un bassin à flot constitue un micro-milieu océanique, au même titre que les cuvettes supra-littorales par exemple. Ce micro-milieu, en communication partielle (par une écluse), et limitée dans le temps (à chaque mer haute), avec la mer libre, expose une masse d'eau relativement faible, sur une petite profondeur (une dizaine de mètres), aux circonstances extérieures (conditions atmosphériques, etc.).

Il résulte de ces faits, confirmés par nos observations et nos mesures, échelonnées sur une année :

1° Un renouvellement limité de la masse d'eau d'un cinquième au maximum à chaque marée.

2° Une décantation des matières en suspension entre une mer haute et la suivante.

([9]) *Oléagineux*, 1947, p. 15.

([1]) Dans le cadre des travaux de la Commission de Coordination des Recherches sur la Corrosion et les Salissures marines.

3° Une moins grande inertie aux variations thermiques : les variations journalières sont importantes et très sensibles aux durées d'insolation.

4° Une moyenne de température très élevée par rapport à la mer libre du large (moyenne de juin : 21°03; juillet : 22°92; août : 22°55).

5° Le calme des eaux et l'absence de courants rapides, créant un faciès très abrité.

6° Des variations de salinité prononcées : concentration par évaporation en été (atteignant 35 ‰), dilution par les précipitations en hiver (salinité inférieure à 30 ‰).

7° La réduction de la zone intercotidale vraie (ou de balancement des marées) à environ 1^m de hauteur. Les organismes qui pourraient s'y fixer sont éliminés par la pellicule de mazout (rejeté des navires) constante à la surface de l'eau et collée aux parois des quais.

8° Les hydrocarbures ainsi que les détritus de toutes sortes rejetés dans les eaux du port en font un milieu pollué et exposé à toutes les variations fortuites (potentiel d'oxydo-réduction, teneur en oxygène dissous, pH, populations bactériennes).

L'ensemble de ces conditions fait du port un milieu bien individualisé, qui agit d'une façon tout à fait marquée sur le peuplement en animaux et en végétaux. Différant par bien des caractères de la côte avoisinante, le milieu portuaire opère une sélection parmi les organismes susceptibles d'y vivre ainsi qu'il intervient dans la biologie propre des espèces.

Les points suivants ressortent de prime abord :

1° Sélection en faveur des espèces adaptées à ce milieu : relativement euryhalines et eurythermes, tolérant des eaux impures, et se traduisant par la dominance envahissante de certaines d'entre elles (*Ciona*, *Hydroïdes*, *Mercierella*, *Campanularia*) tout au long ou pendant une partie de l'année, et ainsi que par le peu de variété de la faune en espèces (4 Ascidies, 3 Hydraires, 4 Bryozoaires).

2° Élimination totale d'autres espèces, fréquentes pourtant sur la côte avoisinante : absence de Phéophycées et de Chlorophycées dans le Bassin à flot. Facilité de développement pour les organismes à fixation fragile (*Ciona*).

3° Influence du milieu sur la biologie des espèces se traduisant par des modifications des vitesses de développement et par des associations et des successions de peuplements à caractères particuliers.

Il paraît donc possible de prêter une physiologie propre au milieu portuaire, en le considérant comme une unité définie au point de vue hydrologique d'une part (caractères physicochimiques), et d'autre part au point de vue écologique, ces deux aspects étant étroitement liés l'un à l'autre.

La connaissance du milieu portuaire, de ses caractères physicochimiques, de son peuplement, est importante dans la lutte contre les salissures de carènes, problème dont les incidences économiques sont, on le sait, très grandes. Encore que cet aspect de la question suffise à justifier ces études, il est évident que la connaissance d'un milieu formant un tout bien défini et

saisissable dans toutes ses parties comme un port, n'est pas à négliger pour la connaissance du milieu marin.

Les études et mesures déjà effectuées et celles qui sont en cours, permettront de préciser ces premières données.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Suppression du gradient physiologique des boutures sous l'influence de la cétone dibenzylique de la thiosemicarbazone*. Note de MM. **Peter P. T. Sah** et **Jean Dufrénoy**, présentée par M. Joseph Magrou.

La plupart des régulateurs chimiques de la croissance suppriment la dominance du bourgeon apical d'une tige, ou la dominance du bourgeon de rang supérieur d'une bouture, en détruisant les tissus du bourgeon ou du moins en inhibant leur développement.

Cependant, l'hydrazide maléique, dont les propriétés de régulateur de croissance ont été récemment décrites ([1]), ([2]) peut provoquer le développement de bourgeons de rang inférieur, sans inhiber définitivement le développement des bourgeons supérieurs.

Plus efficacement encore, la cétone dibenzylique de la thiosemicarbazone, dont la synthèse a été récemment réalisée au Collège de Pharmacie de l'Université de Californie, à San Francisco, permet, sans retarder le développement du bourgeon supérieur d'une bouture de vigne, de supprimer le *gradient physiologique* en stimulant le développement des bourgeons inférieurs, tout en stimulant la formation de racines au nœud inférieur.

Soit une bouture de *Vitis vinifera* (var. Red Malaga) portant 4 bourgeons, numérotés 1, 2, 3, 4 à partir du sommet de la bouture. Pour une bouture dont la base est immergée dans l'eau ou dans une solution minérale, la probabilité de développement du bourgeon supérieur, 1, est de l'ordre de 50 % au bout d'une semaine, et atteint 100 % au bout de deux semaines; par contre la probabilité de développement du bourgeon inférieur, de rang 4, est très faible; cette probabilité peut être augmentée soit par addition, à la solution minérale, de la cétone à raison de 10 à 50 mg/l, soit par application, au sommet fraîchement sectionné de chaque bouture, de 1^{mg} de cétone (dispersée dans du carbowax); c'est ce qui apparaît dans le tableau ci-dessous indiquant le pourcentage de germination des bourgeons de rang 1, 2, 3, 4, après huit jours :

([1]) H. B. Currier et A. S. Crafts, *Science*, **111**, 1950, p. 153.

([2]) D. G. White, *Science*, **111**, 1950, p. 303.

Bourgeon de rang	1.	2.	3.	4.
Témoins (solution minérale)	26	12	12	0
Solution + cétone	30	12	30	18
Témoins	50	25	0	0
Cétone, 1^{mg} par bouture	40	60	32	25
2, 4, D., 0^{mg},1 par bouture	0	50	10	10

Les deux dernières lignes du tableau mettent en évidence la différence de mode d'action du 2, 4, D. (qui inhibe le développement du bourgeon terminal, lorsqu'il est appliqué au sommet d'une bouture à raison de 0^{mg},1) et de la cétone, qui diminue peu la probabilité de développement du bourgeon terminal.

BOTANIQUE. — *Présence de poils glanduleux et homologies du scutellum et de la feuille chez les Graminées.* Note de Mlle **Geneviève Mimeur**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les épidermes des Graminées ont fait l'objet d'études copieuses et poussées ([1]). Jusqu'à ce jour, on remarquait seulement la présence de poils à coussinets ou poils tuberculés à la base, ainsi nommés parce qu'ils émergent d'un massif de cellules proéminentes formant une petite excroissance sur les feuilles. Ces productions épidermiques sont le privilège des *Panicoïdées*, opposant celles-ci aux *Festucoïdées*, qui en sont dépourvues. Au cours d'une étude morphologique, le genre *Coix* (tribu des *Maydées*, s. f. *Panicoïdées*) nous a révélé chez les Graminées l'existence de véritables glandes épidermiques. Des coupes ont montré que ces glandes, logées sur les gaînes, dans ce cas particulier, sont constituées par des cellules épidermiques allongées perpendiculairement à la surface de la gaîne et parallèles entre elles. Elles contiennent une sécrétion condensée irrégulièrement dans les cellules, et qui donne à la glande sa couleur brune. Un poil renflé en ampoule à sa base, logé sous le massif cellulaire dans l'hypoderme, émerge du centre de la glande.

La présence de glandes épidermiques chez les Graminées prend de l'importance lorsque l'on considère l'existence de glandes rudimentaires ([2]) sur le scutellum de certaines espèces (*Zea maïs*, *Coix*, *Triticum*). Cette spécialisation de la couche cellulaire externe qui s'infléchit en donnant une formation tubulaire dans le scutellum est relativement peu fréquente.

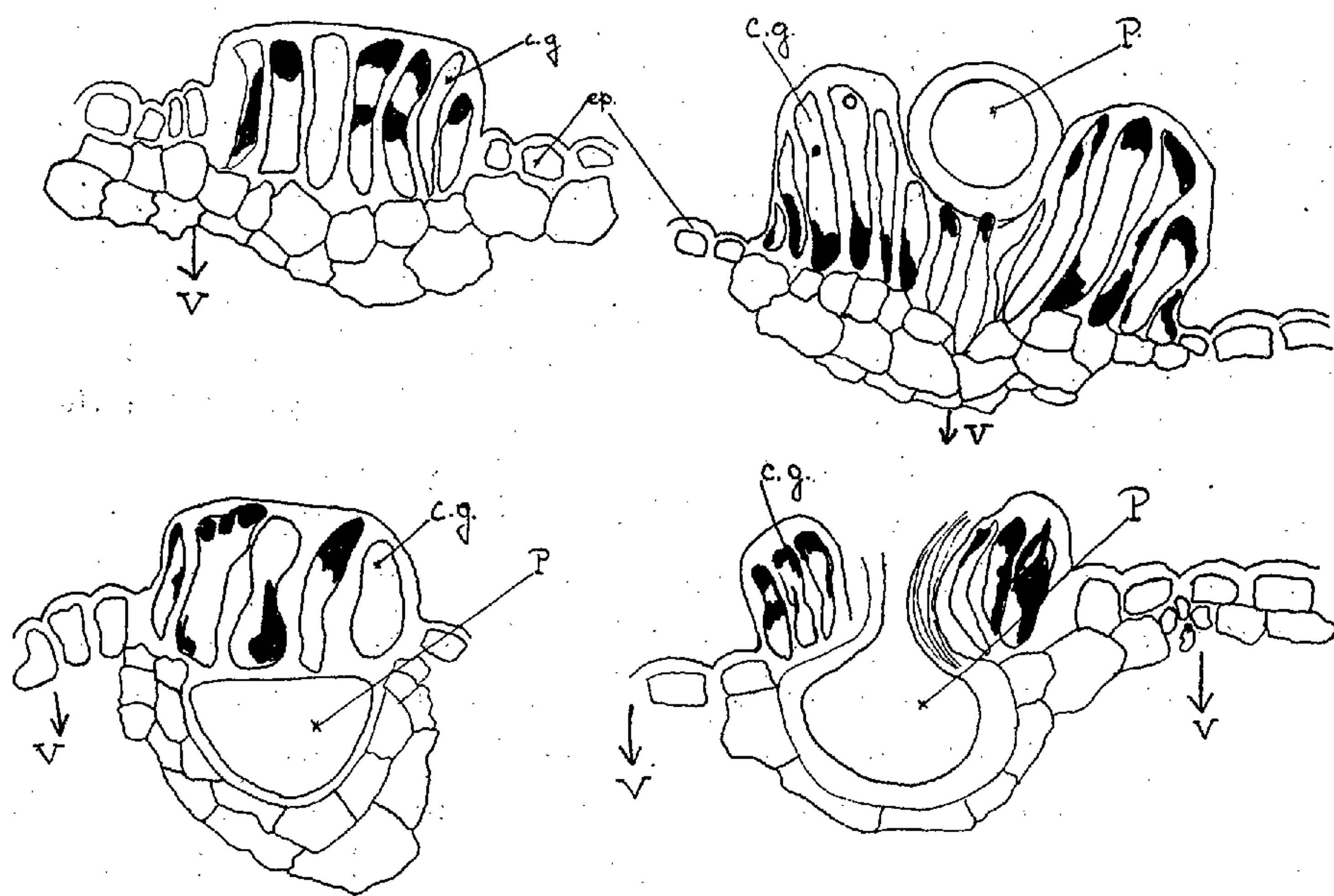
Nous rapprochons l'existence de glandes sur le scutellum et sur les unités

---

([1]) En particulier, H. Prat, *L'épiderme des Graminées* (*Thèse*, Paris, 1931).

([2]) E. Sargant et A. Robertson (Arber), *Ann. Bot.*, vol. 29, 1905, p. 115-23.

foliaires des Graminées, pensant par là apporter un argument favorable à l'hypothèse émise et non confirmée : le scutellum serait la première feuille embryonnaire encore très indifférenciée, soit le cotylédon vrai des Graminées. Les glandes du scutellum seraient un rappel des glandes épidermiques des feuilles (peut-être les poils à coussinets seraient-ils devenus par la suite des glandes non fonctionnelles ?) au même titre que les stomates avortés du suçoir de certains *Peperomia* permettent de considérer cet organe comme une feuille cotylédonnaire demeurée dans la gaîne ([3]).



Coupes longitudinales de glandes épidermiques.

c. g., cellules glandulaires; P., poil et sa vésicule basale; v., indication de la position des vaisseaux.

A l'appui de notre thèse il faut considérer que des glandes rudimentaires n'ont été observées sur le scutellum que lorsque celui-ci possède une vascularisation développée, par conséquent comparable à une vascularisation foliaire.

Ajoutons enfin que le scutellum n'est ici soudé avec la plantule que sur une petite surface et n'a de connexions morphologiques qu'au niveau de la plaque scutellaire. Il n'a aucune relation anatomique avec le coléoptile. Ceci permet de confirmer une fois de plus que coléoptile et scutellum sont des organes séparés.

Le scutellum serait donc le cotylédon des Graminées; première feuille dont la fonction de nutrition ne s'exerce pas par voie de photosynthèse, mais par

([3]) A. W. Hill, *Ann. Bot.*, 22, 1908, p. 713-714.

hétérotrophie. La deuxième feuille, sans connexion étroite avec la première, serait le coléoptile, plus perfectionné, possédant alors deux vaisseaux et déjà de la chlorophylle. La troisième feuille est plus développée; de proche en proche, suivant un gradient croissant de différenciation, la plante s'élabore. En effet, du cotylédon au coléoptile, du coléoptile à la première feuille, les différences, quoique très nettes, ne sont pas fondamentales; elles ne résident pas dans la nature de l'organe, mais dans son degré de différenciation et de développement.

ZOOLOGIE. — *Étapes de la croissance chez l'hermaphrodite protandrique* Anilocra physodes L. (*Crustacé, Isopode, Cymothoïdé*). Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Maurice Caullery.

En septembre 1949, j'ai récolté au haveneau, à Roscoff, 346 individus de l'espèce *Anilocra physodes* L. parasitant presque exclusivement des Labridés. Les individus trouvés, par couples sur un même hôte, au nombre de 76, ont été séparés des isolés au fur et à mesure de leur récolte.

L'étude statistique de la croissance de cette espèce a été entreprise en choisissant comme variables : l, largeur maxima du péréion; l_{ap}, longueur de l'*appendix masculina*, et l_{en}, longueur de la partie foliacée de l'endopodite de la deuxième paire de pléopodes. J'ai utilisé comme grandeur de référence L, longueur totale de l'animal en centimètres.

Les 346 individus ont été répartis par classes de millimètre en millimètre et, pour chaque classe, la moyenne de chacune des variables a été calculée. Les courbes de régression construites en coordonnées logarithmiques mettent en évidence *cinq étapes de croissance* séparées par des stades critiques généralement communs aux trois variables et correspondant aux valeurs 0,75, 1,35, 2,2 de L. En faisant abstraction de la première étape, incomplètement définie par suite du petit nombre d'individus de taille inférieure à $0^{cm},75$, les quatre autres comprennent :

1° Les individus isolés et les mâles appariés de taille comprise entre 0,75 et $1^{cm},35$, dont les points représentatifs se situent sur un segment de droite de pente 1 pour les trois variables.

2° Les mâles appariés de taille supérieure à $1^{cm},35$, auxquels correspond un segment de droite de pente 1,14 pour l, 1,2 pour l_{ap} et 1,37 pour l_{en}.

3° Les individus isolés et quelques femelles appariées, de taille comprise entre 1,35 et $2^{cm},2$, dont les points représentatifs s'alignent sur un segment de droite de pente 1,66 pour l, 0,81 pour l_{ap} et 1,87 pour l_{en}.

4° Les individus de taille supérieure à $2^{cm},2$, à savoir des isolés et la presque totalité des femelles appariées, auxquels correspond pour l un segment de

droite de pente 1,2 et pour l_{en} un segment de droite de pente 1. Il est impossible de définir pour l_{ap} un segment de droite acceptable, car cet appendice est en pleine régression et les points représentatifs correspondants sont dispersés.

L'existence de ces étapes de croissance a été contrôlée par l'examen morphologique et anatomique des individus.

La première étape peut être qualifiée d'*étape de prépuberté mâle*. Elle s'échelonne sur deux intermues : la première fait suite à la troisième mue larvaire, caractérisée par l'apparition du premier rudiment d'*appendix masculina* et de la septième paire de peréiopodes à l'état non fonctionnel. La seconde représente le début de la *phase post-larvaire*, caractérisée par le complet développement de la septième paire de péréiopodes. Les gonades sont des testicules typiques avec un début de spermatogénèse et une ébauche ovarienne latérale.

La deuxième étape débute par une mue qu'on peut qualifier de *mue de puberté mâle* et qui correspond à la cinquième mue (taille : $0^{cm},75$). La spermatogénèse est en pleine activité ; l'*appendix masculina* est complètement développé et les apophyses génitales sont apparues. Ces jeunes Anilocres, qui sont des mâles fonctionnels, nagent très agilement et ont une pigmentation symétrique. Ces caractères restent constants jusqu'à la taille de $1^{cm},35$. L'ébauche ovarienne, à part quelques exceptions chez des individus isolés, ne présente qu'un accroissement très faible durant cette période.

La troisième étape est caractéristique des mâles accouplés de taille supérieure à $1^{cm},35$. La spermatogénèse diminue progressivement d'intensité mais n'est jamais nulle, même chez les très grands individus. L'ébauche ovarienne se développe lentement; j'ai observé des ovocytes de 230^{μ} chez un mâle de $2^{cm},75$. Apophyses génitales et *appendix masculina* sont parfaitement développés. Par contre, la faculté de nage diminue par suite de la disparition progressive des soies natatoires de l'exopodite, puis de l'endopodite des uropodes et du telson. Les pléopodes symétriques restent toujours appariés grâce aux soies en crochet des basipodites. Ces mâles fonctionnels sont *sédentaires*, ainsi qu'en témoigne l'acquisition d'une forte dissymétrie pigmentaire.

La quatrième étape est contemporaine de la précédente, mais caractérise les individus isolés de taille supérieure à $1^{cm},35$. La spermatogénèse est suspendue et les testicules s'atrophient rapidement, tandis que les ovaires se développent. Les organes génitaux externes peuvent régresser plus ou moins précocement. La faculté de nage disparaît très tôt : les soies natatoires tombent et l'appariage des pléopodes symétriques est rompu.

La cinquième et dernière étape correspond au *stade de puberté femelle*. Les ovaires sont complètement développés et les oviductes s'ouvrent à l'extérieur. Les testicules sont vides. Apophyses génitales et *appendix masculina* ont disparu. La forme générale est caractérisée par un élargissement thoracique maximum, au niveau du cinquième péréionite.

Il apparaît, à l'examen de ces courbes de croissance, que la taille de $1^{cm},35$ correspond à un stade critique de la vie du Crustacé : celui-ci adopte une vie définitivement sédentaire qui coïncide avec le début du développement de la partie femelle des gonades. Cette transformation physiologique intervient librement chez les individus isolés et s'échelonne sur plusieurs intermues, dont l'ensemble constitue une *étape de prépuberté femelle*. L'anatomie comparée des individus isolés et des mâles appariés de taille supérieure à $1^{cm},35$ suggère que, chez ces derniers, *le voisinage d'un individu de sexe opposé exerce une influence prolongeant l'état mâle sans arrêter totalement leur transformation en femelle.*

Que deviennent les individus dont l'état mâle a été prolongé ? J'ai capturé trois Anilocres anatomiquement comparables à des individus intermédiaires, mais de taille très supérieure à $2^{cm},2$. A côté de chacune d'elles apparaissait, sur l'hôte, une cicatrice relativement récente, provenant à coup sûr d'un grand individu femelle. Il ne peut s'agir, pour les trois individus en question, que de grands mâles en voie d'évolution vers l'état femelle, par suite de la disparition de leur compagne. *La prolongation de la phase mâle ne constitue donc pas une orientation définitive*, comme le prouve d'ailleurs l'évolution lente mais continue de l'ébauche ovarienne chez ces grands mâles.

PHARMACODYNAMIE. — *Propriétés décurarisantes de l'iodure de m-hydroxy-phényltriméthylammonium.* Note de Mlle **France Depierre**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait [1] [2] que l'introduction d'une fonction phénolique dans la molécule de l'iodure de phényltriméthylammonium (PHT) modifie profondément les propriétés pharmacologiques de ce corps. Nous avons étudié dans ce travail l'iodure de *m*-hydroxy-phényltriméthylammonium (2861 CT) dont l'action anticurare [1] [2] est intermédiaire entre celle de (PHT) et celle de la Prostigmine. Le 2861 CT s'oppose à la prostigmine : 1° par la protection relativement modérée qu'il exerce chez le Lapin empoisonné par le curare; 2° par sa faible toxicité; 3° par l'opposition qui se manifeste [2] entre ses faibles propriétés anticholinestérasiques *in vitro* ($<1/100$ Prostigmine) et son action décurarisante intense *in vivo* ($=1/4$ Prostigmine); enfin par la fugacité de son action anticurare sur la transmission neuro-musculaire du Chat et du Chien.

Nous résumons les principaux résultats dans le tableau ci-contre :

---

(1) F. Depierre et A. Funke, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2242.

(2) L. O. Randall et G. Lehmann, *J. Pharmacol.*, 99, 1950, p. 16.

	Action anticurare vis-à-vis du Flaxedil.							Potentialisation des effets de l'AC choline.
	Chat. Transmission sciatique gastrocnémien antagonisme vis-à-vis de D. C.		Lapin. + atropine antagonisme vis-à-vis de D. T.			Toxicité (i. v.). Lapin. avant atropine	Toxicité (i. v.). Lapin. après atropine	Chien. Dose minimum potentialisant l'effet hypotenseur muscarinique de l'AC choline.
Produits.	1.	5.	1.	1,5.	3.			
PHT..........	1–2					2,5–3	2,5–3	20
2861 CT.......	0,2	15–20	+	+	—	8	16	0,5–1 (fugace)
Prostigmine....	0,05	7–10	+	+	+	0,150	1,5	0,1–0,2 (durable)

PHT = iodure de phényltriméthylammonium.
2861 CT = iodure de *m*-hydroxy-phényltriméthylammium.
Prostigmine = méthylsulfate du diméthylcarbamate de *m*-hydroxyphényltriméthylammonium. (Les doses sont exprimées en mg/Kg).

1. Les résultats obtenus chez le Lapin ne mettent pas en cause l'espèce animale mais plutôt un phénomène respiratoire comme le montre l'expérience suivante : chez un chien chloralosé et atropiné on isole le nerf phrénique au niveau du cou et l'on excite le bout périphérique à l'aide d'un stimulateur de Lapicque à un rythme légèrement inférieur à celui de la respiration. On peut ainsi enregistrer simultanément les contractions du diaphragme provoquées par la respiration spontanée et par l'excitation électrique du nerf. Quand l'animal est curarisé on entretient l'hématose au moyen d'oxygène introduit dans la trachée à l'aide d'une sonde; dans ces conditions l'animal survit après injection de 2861 CT, la respiration ne se rétablit pas pour des doses de curare supérieures à 2 D. C. alors que la transmission neuro-musculaire est restaurée aussi bien au niveau du phrénique diaphragme qu'au niveau du sciatique gastrocnémien. On peut donc penser que cette absence d'antagonisme vis-à-vis de la respiration provient d'interférences au niveau des mécanismes centraux ou réflexes de la régulation respiratoire elle-même et non pas d'une absence de décuratisation au niveau des muscles respiratoires.

2. La toxicité du 2861 CT est beaucoup plus faible que celle de la Prostigmine chez le Lapin normal. Après atropine elle diminue dans des proportions beaucoup moins importantes que celles de la Prostigmine (Tableau). Ceci tend à montrer le faible rôle joué par les propriétés parasympathomimétiques dans la toxicité du 2861 CT.

3. Le 2861 CT potentialise à faible dose l'effet muscarinique hypotenseur de l'ACch chez le Chien chloralosé. La fugacité de cette action contraste avec la persistance de l'action de la Prostigmine. Pour les trois corps étudiés, le pouvoir de potentialisation des effets de l'ACch évolue parallèlement à leur

pouvoir décurarisant. Ceci est vrai non seulement pour leur activité traduite par les doses nécessaires pour provoquer la potentialisation et la décurarisation mais aussi pour la durée de leurs actions : l'effet potentiateur et l'effet décurarisant du 2861 CT étant tous deux beaucoup plus fugaces que ceux de la Prostigmine.

On retrouve les phénomènes de potentialisation des effets de l'ACch sur le rectus de grenouille et, dans ce cas encore, l'action du 2861 CT est intense et transitoire. On constate donc que le pouvoir de potentialisation des effets de l'ACch, sur le rectus isolé de Grenouille, et *in vivo* chez le Chien, est intense et contraste avec les faibles propriétés anticholinestérasiques trouvées *in vitro* par L. O. Randall et G. Lehmann ([2]).

En résumé, le 2861 CT est un anticurare actif; toutefois dans certaines conditions il ne restaure pas la respiration du Chien chloralosé et traité par le Flaxedil, alors que la transmission neuromusculaire est rétablie au niveau du diaphragme. Moins muscarinique que la Prostigmine, il potentialise cependant les effets cardio-vasculaires de l'ACch. Les propriétés décurarisantes de ces trois corps évoluent parallèlement avec la potentialisation des effets de l'ACch. Le caractère transitoire de cette potentialisation peut rendre compte, dans le cas du 2861 CT, de la fugacité de son action anticurare et de sa faible toxicité par rapport à celle de la Prostigmine.

La séance est levée à $15^h 40^m$.

L. B.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 9 OCTOBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Albert Noyes**, Professeur de Chimie physique à l'Université de Rochester, Membre de l'Académie nationale des Sciences des États-Unis, et **Arne Tiselius**, lauréat du prix Nobel de Chimie, Professeur à l'Université d'Upsala, qui assistent à la séance.

ASTRONOMIE. — *Adaptation de la méthode de Laplace aux approximations successives.* Note de M. **André Danjon**.

Description sommaire de deux modes pratiques de détermination d'une orbite par la méthode de Laplace : la méthode des positions fictives, qui fournit, par itération, une orbite provisoire, connaissant trois positions observées; et la méthode des variations, qui permet de corriger l'orbite provisoire en utilisant toutes les observations disponibles.

Le calcul d'une orbite par la méthode de Laplace fait appel à plusieurs systèmes d'équations que nous classerons comme il suit :

1° Un système (I) fait connaître, pour une époque convenablement choisie, t_0, les coordonnées célestes de l'astre ainsi que leurs dérivées premières et secondes par rapport au temps. Pour cela, il faut posséder les coordonnées célestes de l'astre pour trois époques au moins.

2° Un système (II) fournit alors, en fonction des 6 quantités qu'on vient de déterminer, la distance géocentrique de l'astre à l'époque t_0, ainsi que sa dérivée première. On obtient ensuite les coordonnées héliocentriques x, y, z de la planète et leurs dérivées premières.

3° Connaissant ces coordonnées et leurs dérivées, on obtient, grâce aux relations (III), les éléments strictement nécessaires au calcul d'une éphéméride (le calcul complet de l'orbite ne devant intervenir qu'après la dernière approximation) et, finalement, les écarts $o-c$ (observation *moins* calcul) pour les positions utilisées.

En résumé, partant des valeurs numériques des coordonnées fournies par l'observation, l'on aboutit, après un certain nombre d'opérations, à des valeurs calculées des mêmes coordonnées. Cette remarque suggère l'idée d'appliquer une méthode d'itération à la résolution des équations (I), (II) et (III), et de plier ainsi la méthode de Laplace aux approximations successives.

Les systèmes (II) et (III), fournis par la théorie du mouvement des planètes, sont rigoureux dans la mesure où les masses des planètes sont négligeables, mais ce sont des valeurs numériques approchées qu'on y introduit en vue de leur résolution. Le système (I) s'écrirait, sous sa forme complète :

$$(\mathrm{I})\qquad \begin{cases} \alpha = \alpha_0 + \alpha'_0\theta + \dfrac{\alpha''_0}{2}\theta^2 + a_1\theta^3 + b_1\theta^4 + \ldots, \\ \delta = \delta_0 + \delta'_0\theta + \dfrac{\delta''_0}{2}\theta^2 + a_2\theta^3 + b_2\theta^4 + \ldots, \end{cases}$$

à raison d'un tel couple par observation (θ est le temps compté à partir de t_0). Or, si l'on utilise trois observations comme nous l'admettons ici, l'on doit supposer nuls les coefficients a_1, a_2, b_1, b_2, ... Les restes des développements (I) étant négligés à partir du troisième ordre inclus, les valeurs obtenues pour les six quantités α_0, δ_0, α'_0, ... sont entachées d'erreurs, et, par conséquent, les écarts $o - c$ ne sont pas nuls.

Des écarts se présentent aussi lorsqu'on applique la méthode de Gauss en première approximation, mais alors, divers artifices préparent le passage aux approximations suivantes, lesquelles fournissent, par itération, des valeurs de plus en plus approchées des inconnues. La commodité de ces artifices a valu à la méthode de Gauss la faveur persistante des calculateurs. Nous allons montrer qu'on peut conférer les mêmes qualités à la méthode de Laplace, que H. Poincaré regrettait de voir tombée dans un « injuste discrédit », car elle lui paraissait « présenter certains avantages dont le principal est la facilité de se servir de plus de trois observations. »

Il va sans dire que maints auteurs, parmi lesquels H. Poincaré lui-même, ont cherché, et de bien des manières, à améliorer les résultats fournis en première approximation par la méthode de Laplace. Mais il ressort d'une remarque formulée plus haut que, seule, la correction des données, et non celle des éléments, peut donner lieu à une itération. La méthode des positions fictives, décrite ci-après, satisfait à cette condition essentielle. La méthode des variations, exposée plus loin, est une méthode de corrections différentielles, spécialement adaptée au cas de la méthode de Laplace, et qui peut, elle aussi, donner lieu à itération.

1. *Méthode des positions fictives.* — Cette méthode, qui fournit d'emblée la seconde approximation, et les suivantes s'il y a lieu, repose sur le théorème suivant : *les écarts $o - c$ fournissent, au signe près, une évaluation approchée des restes négligés des équations* (I), *pour chacune des coordonnées célestes, et pour*

chaque observation introduite dans ces équations. En conséquence, si l'on ajoute algébriquement les écarts $o - c$ aux coordonnées observées qui figurent dans les premiers membres des équations (I), on compense au moins partiellement les termes d'ordre supérieur au second qui figurent dans les seconds membres, de telle sorte que la résolution des équations ainsi corrigées, *bornées aux termes du second ordre*, fournit des valeurs de α_0, δ_0, α'_0, etc., en seconde approximation. On les utilise pour le calcul d'éléments plus approchés. Les nouveaux écarts $o - c$ qu'on en déduit pourront s'ajouter aux premiers en vue d'une troisième approximation, et ainsi de suite.

Sans m'arrêter ici à la démonstration, du reste fort simple, de ces propositions, ni à leur extension à plus de trois positions, je me contenterai de l'aperçu suivant. Soit A_0 l'une des positions observées, A_c la position calculée correspondante. Si nous avions introduit dans les équations (I), au lieu des coordonnées observées, des coordonnées fictives telles que celles du point A_f, symétrique de A_c par rapport à A_0, il est légitime de supposer que, par continuité, l'erreur commise eût été sensiblement la même en grandeur et en direction, et que, par conséquent, le point calculé à partir de A_f eût été beaucoup plus proche de A_0 que A_c. En d'autres termes, les écarts $o - c$ eussent été notablement réduits. Or, les coordonnées des positions fictives s'obtiennent précisément suivant la règle donnée plus haut, en ajoutant les écarts $o - c$ aux coordonnées observées.

L'itération consiste donc ici en une application répétée des systèmes d'équations (I), (II) et (III) aux positions fictives, le calculateur faisant plusieurs fois de suite les mêmes opérations avec des valeurs numériques à peine modifiées, sans faire appel à aucune formule nouvelle.

On calculera les écarts, non seulement des trois positions utilisées, mais de toutes les autres, et, dès que les plus forts d'entre eux seront tombés au-dessous d'une certaine limite, quelques millièmes de degré pour fixer les idées (ce qui s'obtient généralement dès la troisième approximation), on abandonnera la méthode des positions fictives pour celle des variations.

J'ai introduit la méthode des positions fictives dans mon enseignement oral en 1940, mais j'ai longtemps hésité à en faire l'objet d'une publication, tant il me paraissait peu vraisemblable qu'une idée si naturelle et si intuitive ne se soit jamais présentée à l'esprit de personne. J'ai vérifié qu'il n'en est pas fait état dans les traités spéciaux, ni dans les mémoires cités dans la bibliographie de ces traités.

2. *Méthode des variations.* — C'est une propriété élémentaire des fonctions de plusieurs variables qui va être mise ici à profit. Soient α_0, δ_0, α'_0, δ'_0, α''_0, δ''_0 les 6 quantités introduites à titre de données dans les équations (II), avec les valeurs numériques approchées qu'elles ont reçues dans l'approximation précédente; il s'agit de leur apporter des corrections déterminées de telle

manière que les résidus de *toutes les observations disponibles* s'annulent, aux erreurs d'observation près.

Donnons à α_0 un petit accroissement déterminé $\Delta\alpha_0$ et calculons les valeurs correspondantes des écarts $o - c$. Ils présentent, par rapport aux résultats du calcul précédent, des variations que nous représenterons par les notations $\Delta_1^n(\alpha)$, $\Delta_1^n(\delta)$, relatives à chacune des coordonnées et à l'observation de rang n. Calculons de même les variations Δ_2^n en revenant à la valeur primitive de α_0, mais en donnant à δ_0 un accroissement $\Delta\delta_0$; et ainsi de suite, les notations Δ_3^n, Δ_4^n, Δ_5^n et Δ_6^n se rapportant respectivement à des accroissements $\Delta\alpha'_0$; $\Delta\delta'_0$, $\Delta\alpha''_0$ et $\Delta\delta''_0$ des autres données. La préparation du tableau des variations nécessite le calcul partiel de six orbites auxiliaires, mais très voisines des précédentes, ce qui épargne au calculateur tout tâtonnement, en éliminant maintes causes d'erreurs : signes, virgules, etc.

Si nous représentons par les notations $f\Delta\alpha_0$, $g\Delta\delta_0$, $h\Delta\alpha'_0$, $k\Delta\delta'_0$, $l\Delta\alpha''_0$, $m\Delta\delta''_0$, les corrections à apporter aux données pour obtenir l'orbite réelle, nous aurons très sensiblement, pour chaque coordonnée et pour chaque observation :

$$o - c = f\Delta_1^n + g\Delta_2^n + h\Delta_3^n + k\Delta_4^n + l\Delta_5^n + m\Delta_6^n,$$

ce qui nous permettra d'écrire des équations de condition en nombre double de celui des observations, et dont la résolution par la méthode des moindres carrés fera connaître les valeurs des six inconnues f, g, etc. Si les écarts $o - c$ correspondant aux données corrigées n'offrent plus aucune marche systématique, la nouvelle solution sera tenue pour définitive et l'on pourra passer au calcul des éléments écliptiques. Dans le cas contraire, on substituera les nouveaux écarts aux précédents dans les équations de condition, et l'on en déduira des corrections supplémentaires en vue d'une nouvelle approximation. Dans les cas usuels, la seconde application de la méthode des variations fournit l'orbite définitive lorsque la première n'a pas suffi.

Un Mémoire détaillé, accompagné d'exemples numériques, paraîtra dans un autre recueil.

PHYSIOLOGIE. — *La reprise respiratoire après apnée secondaire anoxique.* Note de MM. **Léon Binet** et **Maurice V. Strumza.**

Un chien chloralosé exposé à une atmosphère privée d'oxygène présente, après une courte phase d'excitation, une syncope respiratoire primaire généralement transitoire. Mais la reprise respiratoire dite agonique qui met fin à cette apnée, est de courte durée et bientôt survient l'apnée secondaire, précédant le plus souvent de quelques secondes l'arrêt cardiaque. Nous avons montré [1] que la respiration artificielle, jointe à la circulation artificielle,

[1] *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1491-1494; *XVIIIe International physiological Congress*, Copenhague, 1950, Abstracts of communications, p. 108-110.

par compressions transdiaphragmatiques et rythmiques du cœur permettent la reprise constante des activités normales cardiorespiratoires, si ces manœuvres sont commencées moins de 2 minutes 30 secondes après la syncope cardiaque. Des expériences récentes nous ont montré que la réanimation est encore possible si ces manœuvres sont commencées après 12 minutes d'arrêt circulatoire d'origine anoxique déclenché par inhalation d'azote pur et après 20 minutes 30 secondes d'arrêt cardiaque engendré par inhalation de CO_2 pur.

Dans la limite de durée d'anoxie de nos expériences, les centres respiratoires ont constamment repris leur activité normale, que l'irrigation bulbaire soit assurée avec du sang oxygéné, propulsé artificiellement ou circulant normalement à la suite de la reprise des battements cardiaques.

La reprise de l'activité respiratoire spontanée se fait selon deux types distincts :

Tantôt elle est progressive, le premier mouvement respiratoire, très faible, modifiant à peine d'un millimètre d'eau la pression intratrachéale. Souvent même, lorsque le cœur a déjà repris son fonctionnement, l'arythmie cardiaque d'origine respiratoire apparaît avant toute contraction des muscles inspiratoires. De une demi-minute à 4 minutes 30 secondes plus tard, apparaît le premier mouvement respiratoire. L'amplitude respiratoire croît progressivement; le rythme s'accélère, mais peut demeurer très longtemps de 3 à 4 à la minute.

Tantôt les mouvements respiratoires sont d'emblée très amples, brusques, présentant les caractères de la respiration dite agonique. L'amplitude décroît ensuite progressivement. Des mouvements respiratoires du type normal, mais de faible amplitude, leur succèdent. Plus tard, ces derniers mouvements respiratoires augmentent lentement d'amplitude.

A partir du moment où la circulation avec du sang oxygéné est entretenue, le temps nécessaire pour la reprise de l'activité des centres respiratoires est fort variable. En cas d'irrigation bulbaire défectueuse, ce temps peut dépasser une heure et même deux heures. Lorsque l'oxygénation des centres respiratoires est assurée sans interruption, le temps de récupération est proportionnel à la durée de l'anoxie tissulaire, à la durée de l'arrêt circulatoire. Les résultats observés sur 49 chiens dont la réoxygénation est satisfaisante sont résumés dans le Tableau I.

TABLEAU I.

Nombre d'expériences.	Durée (D) de l'apnée secondaire précédant la réoxygénation artificielle (min.).	Durée de la réoxygénation nécessaire à la reprise de l'activité respiratoire (min. et sec.).
20	$1 \leq D < 4$	$5,40 \pm 0,53$
13	$4 \leq D < 7$	$10,50 \pm 1,29$
9	$7 \leq D < 10$	$16,25 \pm 3,40$
3	$10 \leq D < 13$	$21,35 \pm 3,45$
4	$13 \leq D < 16$	$25,30 \pm 7,03$

Ces chiffres mettent en évidence une corrélation incontestable entre la durée de la vie en anaérobiose et le temps nécessaire à la récupération de l'activité respiratoire, une fois la réoxygénation assurée. Celle-ci coïncide pratiquement avec le début des compressions diaphragmatiques. Les dosages d'oxygène dans le sang artériel nous ont montré qu'après 30 secondes de circulation et de respiration artificielles la saturation de l'hémoglobine est normale. Nous notons à ce moment un taux moyen de $19,04 \pm 0^{cm^3},71$ d'oxygène pour 100^{cm^3} de sang, tandis que chez les mêmes animaux respirant de l'air normal avant toute épreuve anoxémiante, le taux de l'oxygène sanguin est de $17,23 \pm 0^{cm^3},55$ pour 100^{cm^3}. Le taux plus élevé d'oxygène pendant les manœuvres de réanimation s'explique par la polyglobulie observée à la suite de l'épreuve anoxémiante, d'une part, et par l'introduction d'oxygène pur dans les poumons d'autre part.

Nous nous sommes demandé s'il était possible de raccourcir le temps de récupération. A cet effet nous nous sommes adressés aux substances réputées excitorespiratoires : lobéline, caféine, camphres, éphédrines, strychnine, aminophylline. Aucun des produits auxquels nous avons eu recours soit avant, soit pendant la réoxygénation, n'a raccourci la durée de l'apnée secondaire.

Les effets du CO_2 méritent d'être étudiés à part. La respiration artificielle pratiquée avec de l'oxygène enrichie en CO_2 ne s'est pas montrée supérieure à la respiration réalisée avec de l'oxygène pur. Par contre, lorsque l'anoxie est réalisée en faisant inhaler au sujet en expérience non de l'azote pur mais du CO_2 pur, la réanimation à la suite des manœuvres de circulation et de respiration artificielles avec de l'oxygène pur a été possible malgré des arrêts cardiaques très prolongés atteignant 17 minutes et dans un cas 20 minutes 30 secondes. Enfin la reprise respiratoire a lieu dans ces cas après une période de réoxygénation écourtée par rapport à la durée de réoxygénation nécessaire après apnée par azote.

Il résulte de nos expériences que les centres respiratoires peuvent récupérer leur activité normale après une période d'anoxie totale bien plus prolongée qu'on ne le croyait. Mais la réanimation n'est possible que lorsque des produits du métabolisme, accumulés pendant la phase prolongée d'anaérobiose, sont à nouveau oxydés, et le temps nécessaire à cette oxydation est proportionnel à la durée de l'apnée secondaire précédant le rétablissement de l'hématose.

M. **Charles Mauguin** fait hommage à l'Académie d'une nouvelle édition d'un Ouvrage de Friedrich Rinne intitulé : *La science des Roches, étude théorique et pratique*, traduit par Léon Pervinquières. Cette édition comprend le texte revu de la 3e édition française par **Léon Bertrand**, un nouveau texte de cet auteur et un complément de Jean Orcel.

CORRESPONDANCE.

M. **Bengt Strömgren**, Secrétaire général de l'**Union Astronomique internationale**, invite l'Académie à former la délégation française à la prochaine Assemblée générale de cette Union, qui aura lieu à Leningrad et Pulkovo, du 1er au 8 août 1951.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Haut Commissariat de France en Indochine. Service météorologique. *Le Climat de l'Indochine. Aperçu général et régime des vents*, par Étienne Bruzon, Paul Carton et André Romer (présenté par M. Ch. Maurain).

2° Roger Simonet. *Les derniers progrès de la technique*. I.

3° Union astronomique internationale. *Transactions of the international astronomical Union*. Vol. VII. *Seventh general Assembly held at Zürich, august* 11 *to august* 18, 1948, edited by J. H. Oort, General Secretary (Présenté par M. A. Danjon).

4° *Éphémérides nautiques ou extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1951; ouvrage publié par le Bureau des Longitudes *spécialement à l'usage des marins*.

5° International Union of pure and applied Chemistry. *Physico-chemical Constants of pure organic Compounds*, by Jean Timmermans (Présenté par M. J. Duclaux).

6° *Second Cape Catalogue of Stars for the equinox of* 1925-0 : Part. I, *Stars south of Dec.* — 30°; Part. II, *Zodiacal Stars*. Compiled from Observations made with the reversible transit circle at the Royal Observatory, Cape of Gode Hope, in the years 1925-1933 under the direction of J. Jackson.

7° *Sol et vitalité*, n° 1.

8° *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France. Centenaire*. V.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les moyennes des fonctions harmoniques et la classification des surfaces de Riemann*. Note (*) de M. **Michel Parreau**, présentée par M. Paul Montel.

Extension aux moyennes d'ordre α d'un théorème de M. R. Nevanlinna sur les moyennes d'ordre 2 des fonctions harmoniques sur une surface de Riemann; application au problème de la classification.

1. *Généralisation d'un théorème de R. Nevanlinna* [1]. — Soient S une surface de Riemann, G un domaine relativement compact de S, limité par un nombre

(*) Séance du 2 octobre 1950.

[1] R. Nevanlinna, *Ann. Acad. Sc. Fenn.*, A, I, 57, 1949.

fini de courbes analytiques, réparties en deux ensembles disjoints γ_0 et γ_1. Soit x la fonction harmonique positive dans G, nulle sur γ_0, égale à une constante λ_1 sur γ_1, et telle que $\int_{\gamma_0} \frac{\partial x}{\partial n} ds = \int_{\gamma_0} dy = 1$ (n désignant la normale intérieure à G et y, la fonction harmonique conjuguée de x).

Soit u une fonction harmonique uniforme dans $\overline{G}$; nous appellerons moyenne d'ordre α de u dans G la fonction :

$$m_\alpha(\lambda;\, u) = \left(\int_{x=\lambda} |u|^\alpha\, dy\right)^{\frac{1}{\alpha}}.$$

Théorème 1. — *$m_\alpha(\lambda;\, u)$ est une fonction convexe de λ pour $0 \leq \lambda \leq \lambda_1$, qui n'est linéaire que si u est une fonction linéaire de x. Si $u = 0$ sur γ_0 et $\int_{\gamma_0} \left|\frac{\partial u}{\partial n}\right| ds = 1$, on a $m_\alpha(\lambda;\, u) \geq \lambda$, l'égalité n'ayant lieu que pour $u = \pm x$.*

Le théorème 1 est encore valable pour toute fonction sousharmonique positive dans $\overline{G}$.

2. *Fonctions à moyennes bornées.* — Soit u une fonction sousharmonique positive sur S. Considérons un domaine relativement compact S_0 de S, n'ayant pas de frontière intérieure, et qui est limité par un nombre fini de courbes analytiques γ_0. Nous dirons que u a ses moyennes bornées sur S si, pour tout domaine S_0 de cette espèce, on a pour tout système γ_1 de courbes analytiques fermées limitant avec γ_0 un domaine relativement compact G, $m_1(\lambda;\, u) < K$, K étant une constante qui ne dépend que de γ_0 et u.

Théorème 2. — *La condition nécessaire et suffisante pour que u ait ses moyennes bornées sur* S *est qu'elle y admette une majorante harmonique.*

En effet, une fonction harmonique positive a ses moyennes bornées au sens indiqué; réciproquement, si u a ses moyennes bornées pour *un* système γ_0, on voit que la meilleure majorante harmonique de u sur S existe.

3. *Application à la classification des surfaces de Riemann* [2]. — Donnons d'abord quelques définitions.

Propriété M_α. — Nous dirons qu'une fonction harmonique uniforme u sur une surface de Riemann S, y possède la propriété $M_\alpha(\alpha \geq 1)$ si $|u|^\alpha$ admet une majorante harmonique finie sur S.

Si u possède la propriété M_α, elle possède la propriété M_β pour tout β tel que $1 \leq \beta \leq \alpha$. Une fonction harmonique bornée possède la propriété M_α pour tout α. Une fonction harmonique à intégrale de Dirichlet bornée sur S possède la propriété M_2, d'après une inégalité de R. Nevanlinna [Mémoire cité dans la Note [1], page 6].

---

[2] Nous adoptons ici la terminologie et les notations de L. Sario : *Sur la classification des surfaces de Riemann* (*XI*^e *Congrès des Math. scand.*, Trondheim, 1949); dans cette conférence, L. Sario définit déjà les classes d'indice 2.

Classes $\mathcal{C}_{HM_\alpha}$. — Nous désignerons par $\mathcal{C}_{HM_\alpha}$ la classe des surfaces de Riemann sur lesquelles toute fonction harmonique uniforme possédant la propriété M_α est une constante.

On a évidemment $\mathcal{C}_{HM_\beta} \subset \mathcal{C}_{HM_\alpha}$ pour $\beta \leqq \alpha$; pour tout α, $\mathcal{C}_{HM_\alpha} \subset \mathcal{C}_{HB}$; pour $\alpha \leqq 2$, $\mathcal{C}_{HM_\alpha} \subset \mathcal{C}_{HD}$.

Classes relatives. — On peut aussi introduire des classes relatives $\mathcal{C}_{H_0M_\alpha}$ [*voir* la Note ([2])], mais pour tout $\alpha \geqq 1$, $\mathcal{C}_{H_0M_\alpha}$ se confond avec la classe $\mathcal{C}_0$ des surfaces de frontière nulle (*cf.* L. Sario, *loc. cit.*).

Introduisons maintenant la classe $\mathcal{C}'_0$ des surfaces de Riemann sur lesquelles n'existe aucune fonction harmonique positive à l'exception des constantes. MM. Myrberg ([3]) et Brelot ont montré que s'il existe sur une surface S une fonction harmonique ou surharmonique non négative et non constante, la « frontière idéale » de S a une mesure harmonique positive o; par conséquent, $\mathcal{C}_0 \subset \mathcal{C}'_0$. De plus, le théorème 2 nous donne immédiatement :

THÉORÈME 3. — *La classe* $\mathcal{C}_{HM_1}$ *est identique à* $\mathcal{C}'_0$.

La question se pose de savoir si les classes définies ci-dessus sont réellement distinctes. Remarquons à ce propos que l'inclusion $\mathcal{C}'_0 \subset \mathcal{C}_{HB}$ est stricte. En admettant un résultat de M. L. Ahlfors ([4]), suivant lequel il existe une surface $S \in \mathcal{C}_{HB}$ telle que $S \notin \mathcal{C}_0$, nous pouvons obtenir une surface S′ vérifiant à la fois $S' \in \mathcal{C}_{HB}$ et $S \notin \mathcal{C}'_0$. S′ s'obtiendra par exemple en enlevant de S un ensemble compact de capacité nulle. Une application simple du procédé alterné montre en effet que si la frontière idéale d'une surface $S' \notin \mathcal{C}_0$ peut être divisée en deux parties disjointes, $S' \notin \mathcal{C}'_0$.

Remarque. — Les résultats ci-dessus peuvent être appliqués à la classification des variétés analytiques réelles de dimension supérieure à 2 au moyen des fonctions harmoniques. On sait alors que $\mathcal{C}_0 \neq \mathcal{C}'_0$ (par exemple, l'espace R^3 appartient à la seconde de ces classes, mais non à la première).

ÉLASTICITÉ. — *Les écarts à la loi de Hooke et le domaine de stabilité.* Note de M. **Albert Kammerer**, transmise par M. Henri Beghin.

La considération des termes du second ordre dans les développements en série des contraintes en fonction des éléments de la déformation, permet de retrouver la surface limitant le domaine de stabilité et de préciser sa forme, la limite étant définie par la condition qui annule le module d'élasticité instantané.

Nous avons montré ([1]) comment, en introduisant des termes du second ordre dans le développement en série des contraintes en fonction des éléments

([3]) P. J. Myrberg, *Acta Math.*, 61, 1933, p. 39-79.

([4]) *Cf.* la note ([7]) dans L. Sario, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 42-44.

([1]) *Voir Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1144; 229, 1949, p. 1100.

de la déformation, on met en évidence en traction simple et en flexion circulaire une limite de stabilité pour les matériaux soumis à des forces statiques ou périodiques.

Nous allons généraliser ces premiers résultats et préciser la forme de la surface limitant le domaine de stabilité dans le cas où : 1° le système élastique est *homogène* (les trois tensions principales σ_1, σ_2, σ_3 ont mêmes directions et mêmes valeurs en tous les points); 2° les forces appliquées varient lentement; 3° la viscosité est négligeable, ce qui revient à raisonner sur l'état déformé obtenu au bout d'un temps infini d'application des forces.

Soient E et ν le module d'élasticité et le coefficient de Poisson, a, b, c trois autres coefficients caractéristiques de la matière, e_1, e_2, e_3 les trois allongements unitaires principaux. Un raisonnement analogue à celui de M. Léon Brillouin ([2]) conduit aux trois équations

$$(1)\qquad \sigma_i = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)}[(1-\nu)e_i + (e_{i+1}+e_{i+2})] - ae_i^2 - b(e_{i+1}^2 + e_{i+2}^2) - 2b(e_{i+1}+e_{i+2})e_i - ce_{i+1}e_{i+2}$$
$$(i = 1, 2, 3;\ i+1 = 2, 3, 1;\ i+2 = 3, 1, 2).$$

Elles permettent le calcul de e_1, e_2, e_3 connaissant σ_1, σ_2, σ_3 ou l'inverse.

Considérons, à partir d'un état σ_1, σ_2, σ_3 ou e_1, e_2, e_3, des accroissements infiniment petits des contraintes $d\sigma_1, d\sigma_2, d\sigma_3$; il leur correspondra des accroissements de_1, de_2, de_3 tels que

$$d\sigma_i = \frac{\partial\sigma_i}{\partial e_1}de_1 + \frac{\partial\sigma_i}{\partial e_2}de_2 + \frac{\partial\sigma_i}{\partial e^3}de_3; \qquad (i = 1, 2, 3);$$

de_1, de_2, de_3 sont les quotients de trois fonctions linéaires de $d\sigma_1$, $d\sigma_2$, $d\sigma_3$ par le déterminant $\Delta = [D(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3)/D(e_1, e_2, e_3)]$. Ces trois quantités sont donc infinies quels que soient $d\sigma_1$, $d\sigma_2$, $d\sigma_3$, lorsque le module d'élasticité correspondant à l'état e_1, e_2, e_3 est nul :

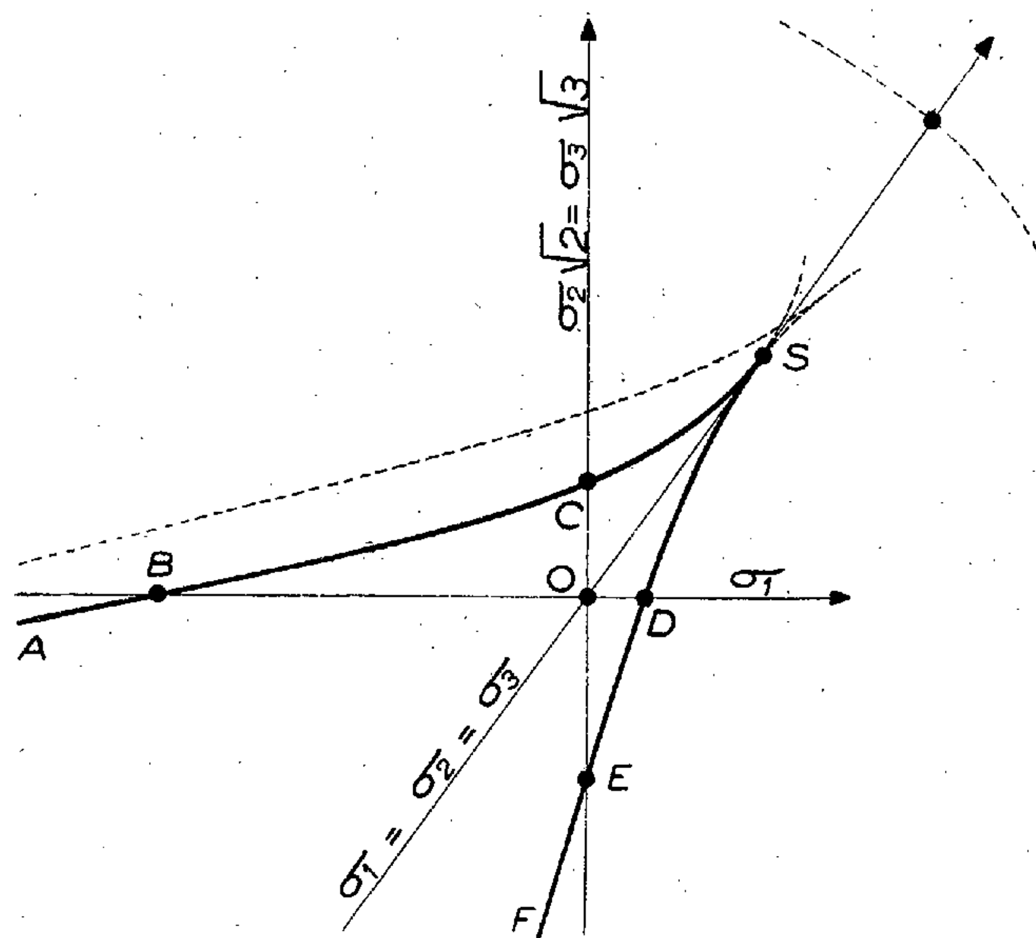
$$(2)\qquad \Delta = 0.$$

On conçoit qu'alors la stabilité de l'équilibre ne soit plus assurée, les allongements e_1, e_2, e_3 croissant indéfiniment lorsque les tensions principales σ_1, σ_2, σ_3 subissent des augmentations infiniment petites quelconques $d\sigma_1$, $d\sigma_2$, $d\sigma_3$.

On vérifie qu'il en est ainsi pour les limites trouvées directement en traction simple avec l'hypothèse simplifiée exposée précédemment ([1]). Plus généralement, les quatre équations (1) et (2) définissent, dans le système de coordonnées o, σ_1, σ_2, σ_3, une surface (Σ) partageant l'espace en plusieurs régions dont l'une, celle qui renferme l'origine ($\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = e_1 = e_2 = e_3 = 0$), représente le domaine réel de stabilité.

([2]) *Les Tenseurs en Mécanique et en Élasticité*, Paris.

Lorsque $b = c = 0$ (a est seul différent de zéro et positif), on vérifie que la section de (Σ) par les plans $\sigma_i = \sigma_{i+1}$ a la forme indiquée en traits pleins, la partie ABCSDEF étant seule à considérer : OD est la limite de traction simple, OB celle de compression simple, OE correspond à l'étreinte, OC à son inverse, OS à la traction complète ou décohésion. Lorsque $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ est négative (compression hydrostatique), il n'y a pas de limite. On retrouve ainsi tous les résultats expérimentaux. *Quelle que soit la forme des fonctions* $\sigma_i(e_1, e_2, e_3)$, ..., S est un point singulier pour la surface, soit un rebroussement pour $\sigma_2 = \sigma_3$ par exemple.



M. Caquot a montré que l'expérience conduisait à définir la limite du domaine de stabilité, par l'enveloppe des cercles de Mohr correspondant à cette limite.

Cette enveloppe se transforme, dans le plan $\sigma_2 = \sigma_3$ de l'espace O, σ_1, σ_2, σ_3, en une courbe qui peut être obtenue par la théorie précédente, en donnant des valeurs particulières aux coefficients a, b, c.

Or, elle doit présenter en son sommet ($\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$) un point de rebroussement; par suite, on voit que, contrairement au tracé habituel, il devrait en être de même pour la courbe intrinsèque dans le plan de Mohr. Il n'est pas étonnant que l'expérience ne mette pas cette propriété en évidence, la réalisation d'un état de traction triple étant particulièrement difficile.

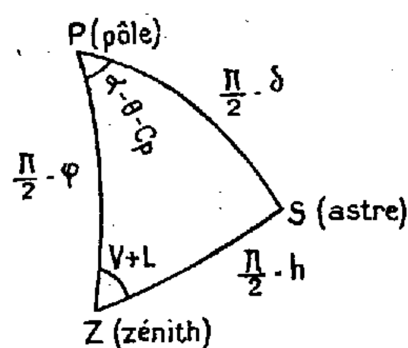
ASTRONOMIE. — *Sur une nouvelle méthode d'astronomie géodésique.* Note de M. **André Gougenheim**, présentée par M. André Danjon.

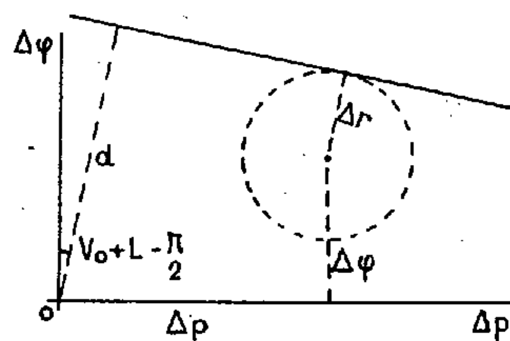
La méthode exposée a pour objet la détermination simultanée de la latitude, de l'heure locale et du méridien par des observations d'étoiles au théodolite. Les perfectionnements réalisés récemment dans la construction de ces instruments lui permettent de conduire à une bonne précision.

1. *Principe de la méthode.* — La méthode est tout à fait analogue à la méthode géodésique du *point par la station* qui a pour but de déterminer la position d'une station au théodolite et l'orientation de l'instrument à l'aide de visées effectuées sur des points connus et des lectures correspondantes du limbe horizontal. Elle consiste à pointer un certain nombre d'étoiles sous le fil vertical du réticule en notant les lectures L du limbe horizontal et, pour tenir compte du mouvement diurne, les instants θ correspondants, marqués par un garde-temps.

Il est avantageux, tant pour l'exécution que pour la réduction des observations, de les effectuer à une hauteur sensiblement constante h_0 au-dessus de l'horizon.

2. *Équation d'observation.* — Les trois inconnues sont la latitude φ, l'état C_p du garde-temps sur le temps sidéral local et l'azimut V (compté à partir du Nord) du zéro du limbe horizontal.





En désignant par α et δ l'ascension droite et la déclinaison de l'astre S, l'équation d'observation s'écrit (*fig.* 1)

$$\sin\varphi\cos(\theta-\alpha+C_p)-\operatorname{cotg}(V+L)\sin(\theta-\alpha+C_p)-\cos\varphi\,\operatorname{tg}\delta=0.$$

Il faut observer au moins trois astres pour obtenir les trois inconnues, mais on effectue d'ordinaire des observations surabondantes pour réduire l'influence des diverses erreurs accidentelles. Il convient par suite de rendre linéaires les équations d'observation en faisant choix d'une solution φ_0, C_{p_0}, V_0, suffisamment approchée pour qu'on puisse négliger les puissances, supérieures à la première, des nouvelles inconnues :

$$\Delta\varphi=\varphi-\varphi_0,\qquad \Delta C_p=C_p-C_{p_0},\qquad \Delta V=V-V_0.$$

En fait, on remplace les deux dernières inconnues par les inconnues équivalentes

$$\Delta p = \Delta C_p \cos\varphi_0, \qquad \Delta r = \operatorname{cotg} h_0 (\Delta C_p \sin\varphi_0 - \Delta V).$$

On calcule avec précision pour chaque étoile une déclinaison approchée δ' par la relation

$$\operatorname{tg}\delta' = \operatorname{séc}\varphi_0 [\sin\varphi_0 \cos(\theta - \alpha + C_{p_0}) - \operatorname{cotg}(V_0 + L)\sin(\theta - \alpha + C_{p_0})]$$

et l'on forme la quantité

$$d = \frac{\cos\varphi_0}{\sin h_0 \cos h_0} \sin(\theta - \alpha + C_{p_0})(\delta' - \delta).$$

Finalement l'équation d'observation s'écrit

$$\sin(V_0 + L)\Delta\varphi - \cos(V_0 + L)\Delta_p + \Delta r = d.$$

3. *Solution graphique.* — Le système d'équations linéaires fournies par l'ensemble des observations est susceptible d'une résolution graphique analogue à celle en usage pour les observations de hauteurs égales (*fig.* 2). Chaque équation peut être représentée sur un graphique à grande échelle en $\Delta\varphi$, Δp par une droite de gisement $V_0 + L$, valeur approchée de l'azimut de l'astre, passant à la distance d du point approché, origine des coordonnées. Les droites obtenues doivent envelopper au mieux une circonférence dont le centre a pour coordonnées $\Delta\varphi$, Δp, ce qui détermine la position géographique de la station et dont le rayon a pour valeur Δr, d'où l'on déduit l'orientation de l'instrument.

4. *Élimination de l'inclinaison résiduelle.* — Le nivellement d'un théodolite n'est jamais parfait, il subsiste toujours une inclinaison résiduelle de l'axe principal, de sorte que les résultats d'une série d'observations correspondent, non pas au zénith de la station, mais au point, très voisin, où la direction de l'axe principal perce la sphère céleste. On élimine l'erreur qui en résulte en effectuant, sans toucher au nivellement, une seconde série d'observations avec la lunette pointée sous l'horizon, les étoiles étant alors observées par réflexion sur un bain de mercure, et en prenant la moyenne des résultats des deux séries. Si l'on a pris soin de placer la lunette à 180° de la position qu'elle occupait pour les observations directes, l'azimut instrumental moyen est également affranchi de l'effet du défaut de perpendicularité des axes du théodolite.

Les visées par réflexion peuvent également être utilisées avec la méthode des hauteurs égales.

5. *Remarques.* — *a.* Pour obtenir une bonne définition de la circonférence enveloppe sur le graphique de résolution, il convient d'observer des étoiles bien réparties en azimut; ce mode opératoire offre également l'avantage d'entraîner des lectures dans toutes les régions du limbe et de provoquer ainsi une compensation des erreurs de division du limbe dans la valeur conclue pour l'azimut instrumental.

b. La hauteur d'observation de 45° paraît la plus avantageuse car elle conduit à une précision égale dans la détermination de la position et dans celle de l'orientation. Mais, comme la préparation des observations est la même que pour l'astrolabe à prisme dont la hauteur instrumentale est de 60°, l'existence de tables de préparation établies pour cette hauteur la fera sans doute adopter pendant un certain temps.

c. La méthode exposée paraît devoir s'appliquer sans difficulté aux latitudes élevées alors que la mise en œuvre des observations de hauteur est délicate dans les régions circumpolaires.

d. Quelques essais effectués récemment permettent de conclure à la possibilité pratique d'emploi de la méthode; son application ne se heurte à aucune difficulté particulière tant dans le cas des observations directes que dans celui des observations par réflexion; une bonne précision peut être atteinte lorsque les conditions expérimentales appropriées sont réalisées.

THERMODYNAMIQUE. — *Le théorème de Nernst et le comportement du rapport des chaleurs spécifiques des gaz au voisinage du zéro absolu.* Note de M. **Kyrille Popoff**, présentée par M. Maurice Roy.

D'après un théorème fondamental de Nernst, l'entropie $S(T, z)$ de l'unité de masse d'un corps homogène à l'état solide ou liquide, considérée comme fonction de la température absolue T et de la variable z (volume ou pression), satisfait à l'équation

$$\lim[S(T, z_1) - S(T, z_2)] = 0,$$

lim désignant partout la limite vers laquelle tend la fonction quand T tend vers zéro.

Pour que la fonction $S(T, z)$ présente un point singulier de cette nature, il faut que l'on ait

$$\lim C_p = C_v = 0, \quad \lim \frac{\partial v(T,p)}{\partial T} = \lim \frac{\partial p(T,v)}{\partial T} = 0.$$

Le gaz idéal, pour lequel on a $C_p - C_v = R$ ne satisfaisant pas à ces conditions, nous avons cherché à mettre l'équation d'état des gaz réels sous la forme $pv = RT^{1+\alpha}$. L'analyse par cette formule des résultats expérimentaux pour les corps : hélium, hydrogène, néon, argon, à des températures au voisinage du zéro absolu et par conséquent à des pressions s'évanouissant, pour lesquelles on peut admettre que l'on a des gaz secs (1), montre que l'on a $\alpha > 0$.

---

(1) Kyrille Popoff, *Annales de Physique*, 3, 1948, p. 725; de même, dans les *Proceedings of the VII International Congress of Applied Mecanics*, 1948, vol. III, p. 29.

La formule fondamentale de la thermodynamique

$$C_p - C_v = T \frac{\partial p(T, v)}{\partial T} \frac{\partial v(T, p)}{\partial T}$$

prend avec l'équation d'état ci-dessus la forme

$$C_p - C_v = R(1+\alpha)^2 T^\alpha, \tag{1}$$

ce qui donne $\lim(C_p - C_v) = 0$, d'où $\lim C_p = \lim C_v = 0$.

D'autre part, dans une Note récente [2], nous avons montré qu'on a $\lim C_p/C_v = 1$, indépendamment de toute hypothèse sur les valeurs de C_p et C_v pour $T = 0$. De la relation (1) qu'on peut mettre sous la forme

$$C_v = \frac{R(1+\alpha)^2 T^\alpha}{\frac{C_p}{C_v} - 1},$$

on tire, eu égard à ce que $\lim C_v = 0$,

$$\lim \frac{T^\alpha}{\frac{C_p}{C_v} - 1} = 0.$$

MAGNÉTISME. — *Détecteur des champs magnétiques très faibles. Applications en microscopie électronique.* Note de MM. **René Bernard** et **François Davoine**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le dispositif comprend :

a. une bobine collectrice de 5 cm de diamètre et 20 000 spires ;

b. un amplificateur à deux étages, pentodes EF 40 à coefficient d'amplification modéré (X 500), mais spécialement étudié pour posséder une grande stabilité et un bruit de fond minimum (*fig.* 1). La bobine collectrice et les fils de liaison aux deux grilles doivent être très soigneusement blindés, ainsi que les sources de tension elles-mêmes. Les valeurs des divers éléments ont été choisies pour obtenir un rendement optimum sur les fréquences industrielles (50 périodes).

Des condensateurs de découplage permettent d'éliminer la haute fréquence induite dans le fil de liaison ;

c. un appareil détecteur constitué soit par un voltmètre à lampe, soit mieux, par un oscillographe cathodique ayant lui-même un coefficient d'amplification de 1 800.

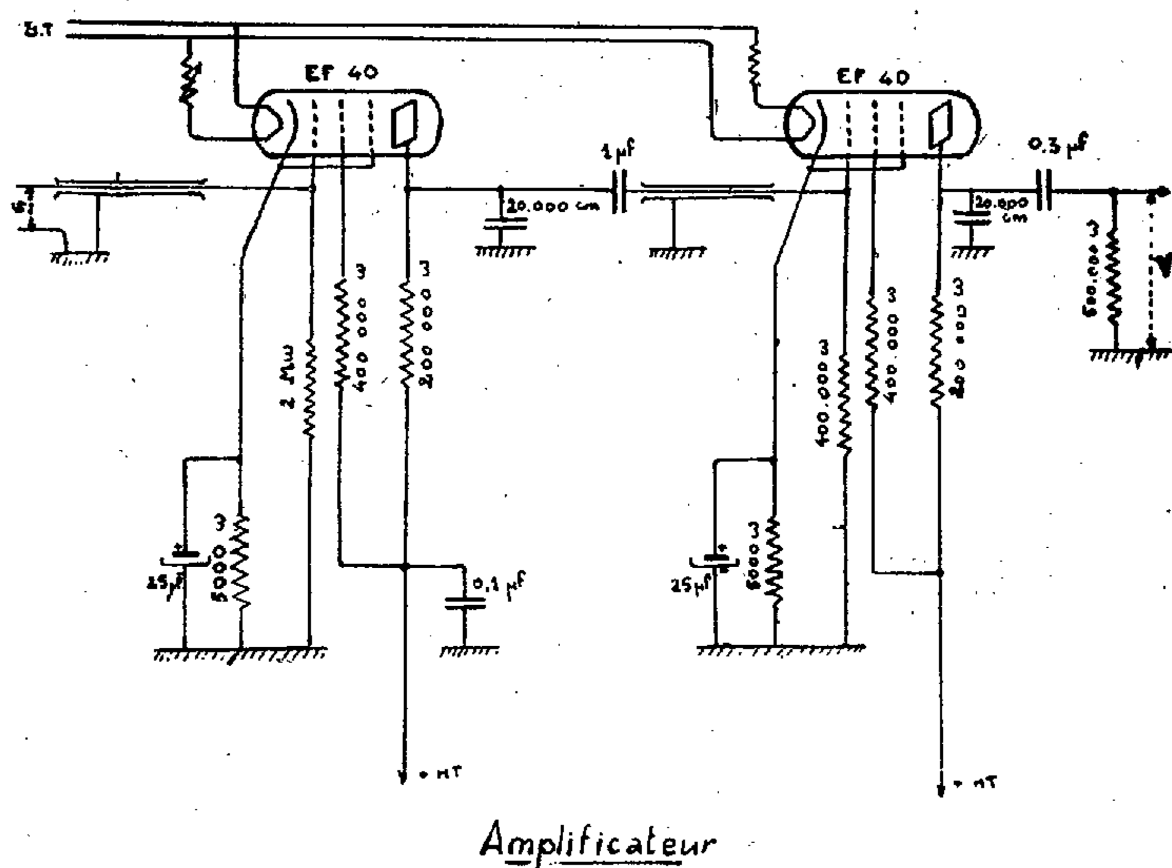
---

(2) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 908.

Un étalonnage préalable conduit pour la valeur du champ à la relation

$$H_{Oe} = 108.10^{-4}\frac{d}{a}$$

(d, amplitude en millimètres sur l'écran de l'oscillographe; a, coefficient d'amplification de l'oscillographe).



Amplificateur

L'ensemble est sensible à 10^{-5} Oe; il nous a servi à mesurer les champs magnétiques perturbateurs qui limitent le pouvoir séparateur de notre microscope électronique. A l'intérieur du tube de fonte, des champs pouvant dépasser 2.10^{-4} Oe ont été mesurés. Ils sont induits par les instruments de bord, le moteur de la pompe moléculaire, le variostat haute tension.

Après blindage du variostat et du tube microscopique lui-même au moyen de fer doux et de μ métal, les champs résiduels ne sont plus mesurables et le pouvoir de résolution instrumental qui était jusqu'ici limité à 50 Å passe en dessous de 20 Å.

Les particules d'or ou de palladium évaporés ont servi de test. Sur les meilleures photographies, elles apparaissent distinctes dès que la distance de leur centre dépasse 20 à 30 Å.

Cette valeur mérite d'être signalée. Elle démontre :

1° que le microscope électrostatique contrairement à une opinion trop généralement répandue, permet d'atteindre un pouvoir de résolution comparable à celui des meilleurs appareils magnétiques;

2° que la cathode froide à gaz est une source d'électrons suffisamment monocinétiques pour être utilisée dans un microscope électronique à haute tension.

SPECTROSCOPIE. — *Emploi des gaz comprimés comme solvants dans la région de Schumann.* Note de MM. **Stéphane Robin, Jacques Romand** et **Boris Oksengorn**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les auteurs proposent l'argon comprimé comme solvant dans la région de Schumann, décrivent l'appareillage utilisé et les résultats obtenus avec des solutions de phénanthrène.

L'étude du spectre d'absorption des corps dissous est difficile à faire dans la région de Schumann, car les solvants utilisables dans cette région sont rares et leur faible transparence ne permet guère de descendre au-dessous de 1700 Å (1). Il nous a paru intéressant de mettre à profit le phénomène de dissolution dans les gaz comprimés étudié par l'un d'entre nous (2), (3) en employant comme solvants des gaz transparents dans la région de Schumann.

Parmi les différents gaz utilisables (en particulier N_2, H_2, Ar) nous avons choisi l'argon comme solvant. En effet, ce gaz est facile à liquéfier et même à solidifier, ce qui permet de le comprimer en utilisant une méthode déjà décrite (2) qui consiste à liquéfier le gaz dans un réservoir en acier inoxydable plongé dans l'air liquide, puis à le laisser ensuite, par réchauffement se comprimer dans la bombe en acier qui sert de cuve d'absorption. D'autre part, l'argon est meilleur solvant que N_2 et H_2 à pression et température égales (2). Enfin, il est relativement facile à purifier. D'ailleurs, malgré certaines difficultés, nous avons pu nous procurer des tubes d'argon commercial renfermant moins de 0,1 % d'oxygène et 0,2 % d'azote et suffisamment transparent pour que nous n'ayons pas à le purifier nous-mêmes.

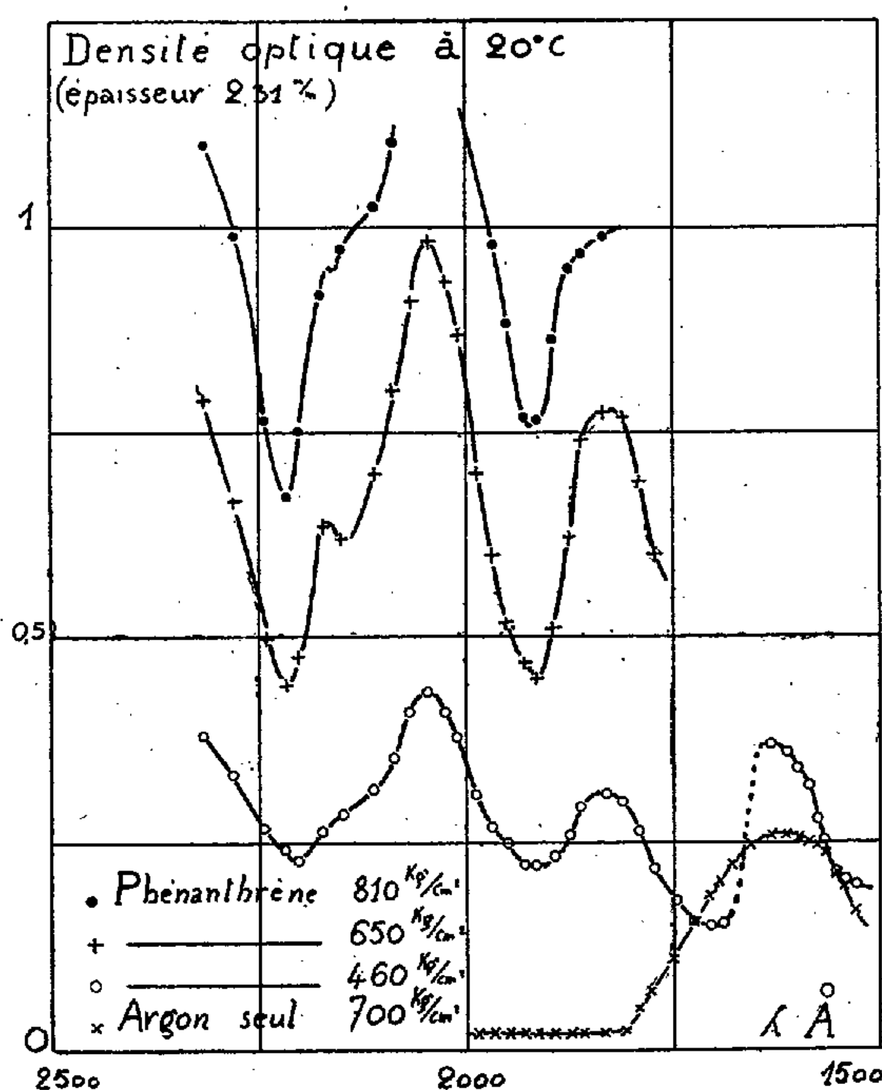
La bombe en acier servant de cuve d'absorption était munie de deux fenêtres de 15^{mm} de diamètre; nous avons utilisé des fenêtres de quartz de 5^{mm} d'épaisseur et dans une autre série d'expériences des fenêtres de fluorine et de fluorure de lithium de 7^{mm} d'épaisseur. Ces fenêtres étaient simplement posées sans aucune interposition de matière sur des embases en acier inoxydable parfaitement planes et polies, percées d'un trou axial de 5^{mm} de diamètre pour le passage de la lumière. L'expérience a montré que, dans ces conditions, les fenêtres résistaient sans accident à une pression de 1000^{atm}, l'étanchéité restant parfaite. La bombe est placée dans la chambre d'absorption de l'appareil monté par l'un d'entre nous (4) pour les études d'absorption dans la région de Schumann.

---

(1) J. R. Platt, J. Rusoff et H. B. Klevens, *J. Chem. Phys.*, **11**, 1943, p. 535.
(2) S. Robin et B. Vodar, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1840.
(3) S. Robin, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 218.
(4) J. Romand, *Ann. Phys.*, Paris, **4**, 1949, p. 529-592.

Pour éliminer toute trace de matière susceptible de se dissoudre dans le gaz comprimé, l'appareillage est entièrement métallique : les joints sont en plomb ou en argent, les robinets sont d'un type spécial à presse étoupe de plomb; toutes les pièces ont été étuvées avant assemblage pendant plusieurs heures au-dessus de 200°C.

La transparence du quartz utilisé lors des mesures que nous avons faites sur le phénanthrène nous a permis d'atteindre 1500 Å (avec des fenêtres de fluorine on peut atteindre 1435 Å); l'épaisseur de la cuve était de $2^{mm},3$ environ. Dans une première série d'expériences, nous avons étudié l'argon pur. La densité optique de ce dernier est inférieure à 0,25, jusqu'à $\lambda = 1500$ Å pour une



pression de 800 kg/cm². Le spectre se compose d'une bande débutant vers 1850 Å dont le maximum est situé entre 1670 et 1570 Å suivant les conditions de l'expérience (pression); l'absorption décroît ensuite et atteint environ la moitié de sa valeur maximum pour $\lambda = 1530$ Å. Cette bande n'est pas la bande continue de l'oxygène ([5]). Le déplacement du maximum serait trop fort (225 Å pour 140^{kg} de pression). Les expériences suivantes ont été faites après avoir placé dans la bombe une toile de cuivre très fine préalablement chauffée dans le vide et sur laquelle on a déposé un peu de phénanthrène solide par évaporation dans le vide. La figure ci-contre représente la densité optique du

([5]) R. Ladenburg et C. C. van Voorhis, *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 315.

phénanthrène en solution pour une épaisseur de $2^{mm},31$ et une température de 20° C, en fonction de la longueur d'onde. La correction due à l'absorption propre de l'argon a été faite. La courbe correspondant à 810 kg/cm² est déterminée avec une précision moins bonne que les deux autres courbes et l'on doit la considérer seulement comme une indication. Trois bandes sont facilement repérables à 2040, 1830 et 1635 Å environ.

Ce rapide exposé montre comment il est possible d'obtenir le spectre d'absorption d'une substance à la température ordinaire et dans une région spectrale où l'on manque de solvants liquides transparents. Appliquée à des corps qui ne peuvent être vaporisés sans décomposition, nous la croyons susceptible de pouvoir rendre de grands services dans l'analyse spectrale.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Les propriétés des couches minces et l'interprétation radiométrique de la photophorèse longitudinale.* Note (*) de M. **Jean Thibaud**, Mlle **Monique Maitrot** et M. **Jean Berthier**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Toute théorie de la photophorèse doit tenir compte de deux faits d'expérience essentiels : une absorption appréciable de la lumière dans l'épaisseur des granules et une dépendance entre le sens du déplacement et la dimension des particules ([1]). Dans l'explication par un effet radiométrique on interprète la photophorèse négative en assimilant le granule à une lentille avec concentration de l'énergie vers l'arrière ([1]) : cette interprétation paraît fragile car l'indice varie beaucoup au voisinage des bandes d'absorption, devenant même < 1 ; d'autre part l'effet négatif est souvent observé avec des particules non sphériques en forme d'aiguilles prismatiques ou de disques aplatis.

1. Soit une sphérule (coefficient d'absorption k) plongée dans un rayonnement parallèle hétérogène : chaque tranche de matière dx reçoit une énergie qui décroît exponentiellement en profondeur. Si le spectre comprend plusieurs longueurs d'onde $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$ ($k_1, \ldots, k_n$), la contribution calorifique la plus importante sera fournie par la radiation dont le coefficient d'absorption k est sensiblement égal à a^{-1}. Pour une particule de diamètre $a = 1\,\mu$, $k = 10^4\ \text{cm}^{-1}$: l'échauffement ne sera appréciable que pour des corps à coefficient d'extinction élevé (métaux, matières colorantes). Dans de tels granules l'élévation de température peut déterminer des effets radiométriques notables.

La répartition exacte des températures à l'intérieur du grain en fonction de x est compliquée par suite de la déperdition de chaleur se produisant par la

(*) Séance du 25 septembre 1950.

([1]) *Voir* pour la bibliographie le Mémoire d'ensemble de P. Tauzin, *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 457.

surface (problème du mur avec dégagement de chaleur interne). Toutefois, par suite de l'apport de chaleur exponentiel en profondeur x, on peut prévoir que pour les grains au-dessus du μ, la face la plus chaude se trouvera vers l'avant, d'où un déplacement positif du grain.

2. Ceci n'est plus exact lorsque la dimension du grain devient inférieure à la longueur d'onde λ correspondant à l'absorption optima k. Nous avons en effet négligé les phénomènes transitoires qui se produisent sur la face d'entrée A dans une couche de passage d'une épaisseur $\leq 0^{\mu},1$; il est bien connu que dans les lames minces à extinction k élevée, l'absorption croît graduellement avec l'épaisseur et n'atteint son plein effet qu'au delà de $0^{\mu},07$ par exemple. Il existera donc une zone semi-transparente ε en A (*fig.* 1) où l'apport de chaleur

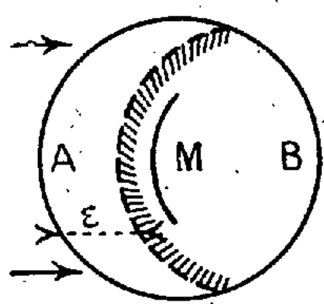


Fig. 1.

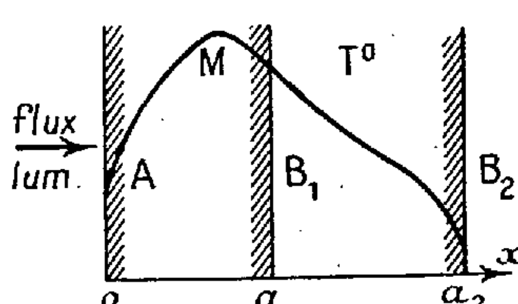


Fig. 2.

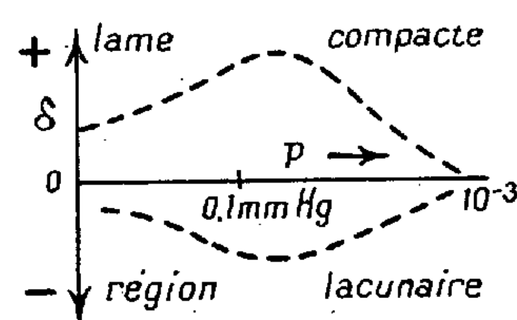


Fig. 3.

sera faible. Par suite la courbe des températures T atteintes aura la forme indiquée sur la figure 2, présentant un maximum en M. On voit que suivant l'épaisseur du grain, a_1 ou a_2, on peut avoir une température à la sortie T_B plus élevée ou plus faible que T_A. Pour un grain de $a \leq 0^{\mu},15$ l'effet radiométrique sera inversé et la photophorèse négative apparaît, quelle que soit d'ailleurs la forme du granule. (Ceci dans le visible; pour l'infrarouge cette limite serait beaucoup augmentée) (²).

3. Pour des particules oblongues ou dissymétriques, la résultante des pressions radiométriques variera en direction, parfois oblique par rapport au flux lumineux : à la translation se superposera l'action d'un couple périodique; la particule oscillera autour de ses axes d'inertie et son déplacement d'ensemble sera sinusoïdal ou en hélice, parfois multipériodique (³). Les périodes d'oscillation que nous observons, de 0,1 à 0,05 seconde, correspondent à la valeur des moments d'inertie que l'on peut attribuer aux granules.

4. Les expériences poursuivies à Lyon paraissent en accord avec l'explication précédente, elles confirment une observation faite par P. Tauzin, à savoir que l'amplitude de la photophorèse augmente lorsque la pression

(²) F. Deguillon (*Comptes rendus*, 231, 1950, p. 274) signale une inversion du sens de la photophorèse lorsque la longueur d'onde λ varie; ce fait est en accord avec notre interprétation.

(³) M. Maitrot, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1855.

diminue; nous trouvons qu'elle présente un maximum vers une pression de l'ordre du centimètre de Hg, pour diminuer vers les très basses pressions. Voici à ce propos une expérience suggestive : au centre d'un tube de gros diamètre, on suspend par un bifilaire de petites feuilles métalliques minces (Al, Ag, Au, Pt) de 0,1 à 6^{μ} d'épaisseur. On explore leur surface avec le faisceau concentré d'une lampe Philora. Pour les lames au-dessus du micron, le déplacement δ est positif, pour les lames de 0,1 à $0^{\mu},4$ il peut devenir négatif, selon les régions touchées par le faisceau : le déplacement δ passe de >0 à <0 quand le faisceau balaie un trou de la feuille, c'est-à-dire s'il traverse une zone d'épaisseur plus petite que $0^{\mu},1$. Ces déplacements >0 et <0 croissent si la pression baisse pour disparaître au vide de la pompe moléculaire (*fig.* 3; en bas éclairage d'un trou), la déviation δ maxima apparaissant pour une pression un peu inférieure à 0,1 mm Hg. La force maxima ainsi mesurée correspondrait à 4.10^{-10} dyne rapportée à un granule de $0^{\mu},8$ de diamètre, ce qui est la grandeur convenable d'une force photophorétique.

En conclusion l'origine de la photophorèse négative semble devoir être reliée aux propriétés spéciales des couches absorbantes minces.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le rayonnement du cobalt* 60. Note (*) de MM. **Maurice Duquesne**, **Georges Kayas** et **Gérard-André Renard**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'étude du cobalt 60 de période 5,3 ans a donné lieu à un grand nombre de travaux ([1]) à ([6]). D'après les différents auteurs ce nuclide se désintègre par émission β^-, suivie de deux rayons γ émis en cascade et légèrement convertis. Cette étude a été effectuée à l'aide de préparations de faible activité spécifique, ce qui limite l'étude des rayonnements peu énergiques.

Nous avons préparé des sources de grande activité spécifique par irradiation à la pile de Châtillon d'un sel complexe du cobalt (nitrate de cobaltihéxamine) qui, ensuite, est traité par le procédé de concentration utilisé par G. Kayas et P. Süe ([7]). Nos supports de sources en collodion ne dépassent pas 0,1 mg/cm² et les sources elles-mêmes ont une masse superficielle inférieure à 1 mg/cm². Nous avons laissé décroître complètement l'isotope de 10,7 minutes de période.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

([1]) M. E. Nelson, M. L. Pool et J. D. Kurbatov, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 733.

([2]) M. Deutsch, L. G. Elliott et A. Roberts, *Phys. Rev.*, 68, 1945, p. 193.

([3]) L. C. Miller et L. F. Curtiss, *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, 38, 1947, p. 359.

([4]) D. A. Lind, I. R. Brown et J. W. M. Dumond, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 591 et 1838.

([5]) M. Deutsch et K. Siegbahn, *Phys Rev.*, 77, 1950, p. 680.

([6]) M. Deutsch et K. Siegbahn, *Arkiv. f. Fys.*, 2, (1), 1950, p. 9.

([7]) *Bull. Soc. Chim.*, France (sous presse).

Dans le dispositif construit par l'un de nous ([8]), nous avons étudié l'absorption dans l'aluminium du rayonnement β entre 0 et 100$^{\mu}$. D'après la forme

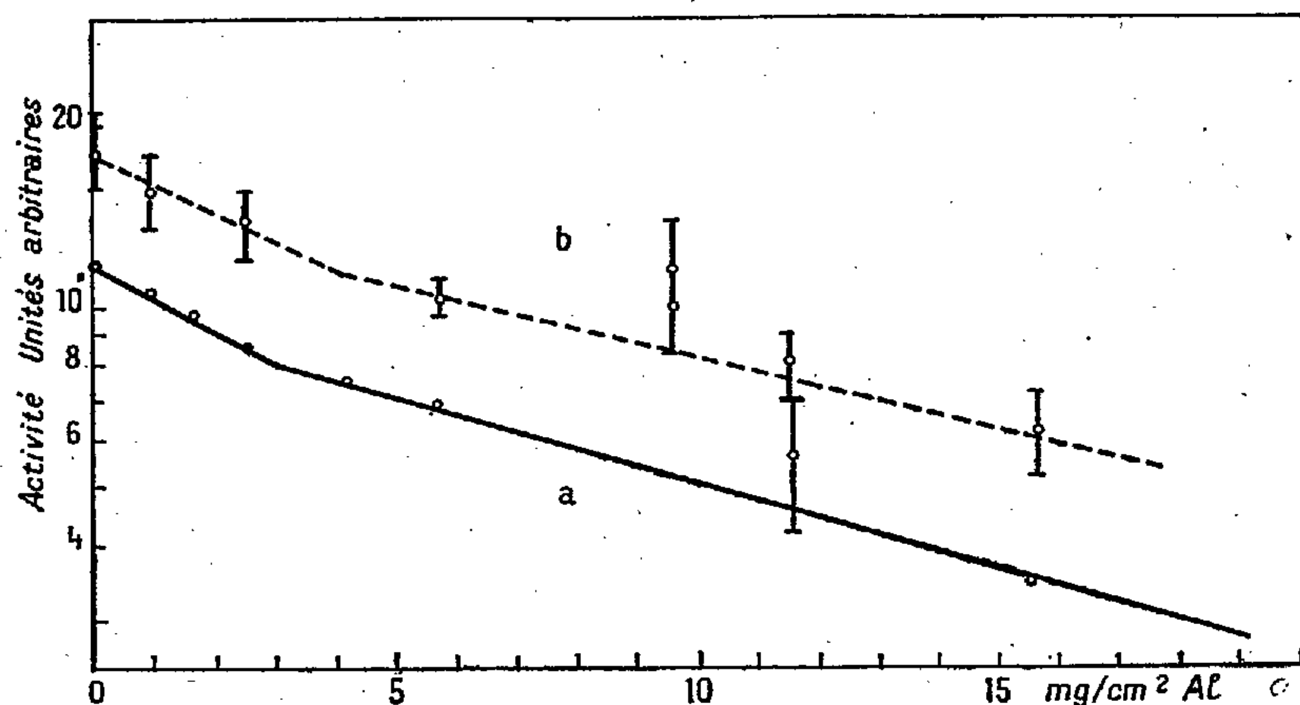


Fig. 1.

de la courbe (*fig.* 1, courbe *a*) on distingue une composante peu énergique (~ 50 keV) et dont l'intensité est de l'ordre de 30 % de celle du spectre principal. Cette composante pourrait être une raie de conversion.

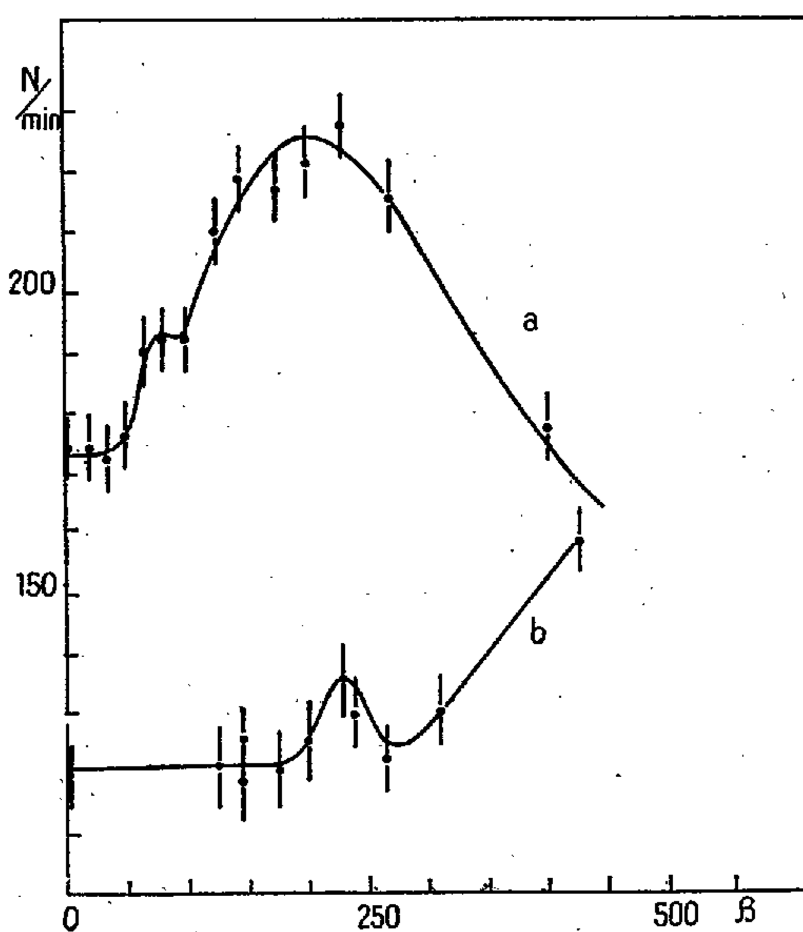


Fig. 2.

Dans une deuxième série de mesures le dispositif comprend en outre un second compteur permettant des mesures en coïncidences. La courbe

([8]) M. Duquesne, *J. Phys. Rad.* (sous presse).

d'absorption des coïncidences (*fig.* 1, courbe *b*) montre en premier examen une liaison entre la composante molle et le rayonnement restant.

Dans une troisième série de mesures le rayonnement β est canalisé et dispersé par un champ magnétique et envoyé dans un compteur sans paroi à travers une fente de 2^{mm}. L'intensité du rayonnement en fonction du champ magnétique est représentée sur la figure 2 pour deux inclinaisons différentes du canaliseur. On retrouve sur ces courbes la composante électronique de ~ 50 keV.

Des mesures sont en cours pour préciser le mode de désintégration de ce nuclide.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'amincissement des trajectoires des noyaux lourds dans l'émulsion photographique.* Note de MM. **Hoang-Tchang-Fong** et **Daniel Morellet**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Dans une série de cinq plaques Ilford G5, 200^{μ}, $10^{cm} \times 25^{cm}$, exposées aux rayonnements cosmiques de 30^{km} (1), nous avons observé une dizaine de traces des noyaux lourds primaires se terminant dans l'émulsion. Elles présentent vers la fin de parcours l'aspect caractéristique de l'amincissement. Les charges **Z** de ces noyaux mesurées par la méthode des rayons δ (2) ont été trouvées comprises entre 9 et 25.

Nous nous sommes proposé d'étudier la corrélation qui existe entre la charge Z d'un noyau et sa longueur d'amincissement L. La valeur théorique de la longueur d'amincissement d'une trajectoire de noyau lourd dans l'émulsion peut être évaluée par des calculs relativement simples en admettant l'hypothèse de Bohr sur la capture des électrons périphériques par le noyau se ralentissant (3). De tels calculs ont été effectués par Frier et al. (4), et l'on peut vérifier qu'en première approximation que L varie comme le carré de Z : $L \simeq 1/2\, Z^2$ en exprimant L en μ.

Expérimentalement nous convenons de prendre comme longueur d'amincissement le parcours restant à partir duquel le diamètre de la trace commence à décroître. Pour la mesurer nous avons adopté la méthode suivante : nous avons d'abord dessiné la projection de la trace (grossissement 2400 environ), puis mesuré les diamètres *d* de la partie la plus étranglée de la trace dans le voisinage immédiat de tous les 20^{μ} à partir de la fin de la trajectoire. Le

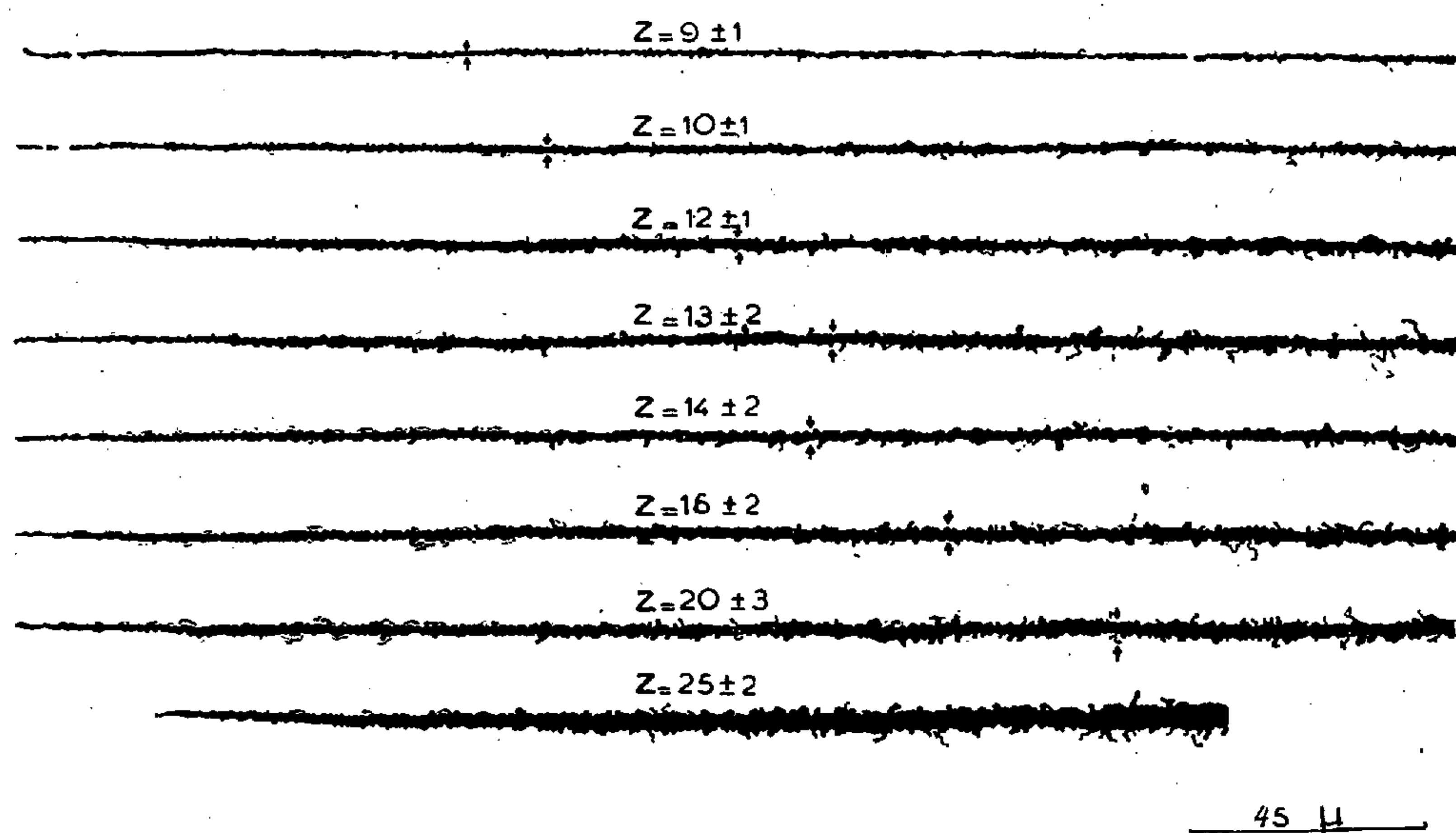
(1) Ces plaques nous ont été fournies par Mlle Ph. Frier de Minneapolis.

(2) Hoang Tchang-Fong, *Thèse*, Paris, 1950.

(3) N. Bohr, *The penetration of Atomic particles through matter*, p. 105 et sq, Copenhague, 1948.

(4) Frier, Lofgren et Oppenheimer, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1818.

graphique de d en fonction du parcours R présente un palier, la valeur de R correspondant au début de palier donne la longueur d'amincissement L.



Vu les fluctuations des mesures sur d il n'est guère possible de préciser L qu'à 10 ou 20^{μ} près (correction d'inclinaison et de contraction de la gélatine étant faite). Mais un choix plus judicieux de L peut être réalisé grâce au fait que le long de la partie terminale de la trace on constate une décroissance linéaire de la section en fonction du parcours

$$\frac{d^2}{R} = \frac{d_0^2}{L},$$

où d_0 désigne la valeur du diamètre avant l'amincissement. Cette relation nous permet de vérifier la valeur de L déterminée par la méthode précédente.

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Trace n°	Longueur observée dans une émulsion (μ).	Charge Z estimée.	Longueur d'amincissement (μ) Mesurée.	Théorique.	Diamètre d_0 avant l'amincissement (μ).
1...........	2800	9±1	75	40- 58	1,05
2...........	420	10±1	90	48- 66	1,5
3...........	4170	12±1	130	64- 88	1,7
4...........	750	13±2	140	66-114	1,7
5...........	220	14±2	130	78-130	1,7
6...........	460	16±2	160	100-160	2
7...........	436	20±3	190	145-240	2,3
8...........	310	25±2	240	250-340	3,4

De là, nous voyons que les valeurs expérimentales de L ainsi mesurées sont notamment supérieures à celles indiquées par les calculs de Frier et al. et que si l'on admet une loi approximative de variation de L en fonction de Z de la forme $L = aZ^\alpha$, on trouve, d'après nos mesures, une valeur de l'exposant α plutôt voisine de l'unité.

Ce désaccord peut être dû uniquement au fait que le mécanisme de capture des électrons périphériques par des noyaux se ralentissant est en réalité un processus beaucoup plus complexe que ne le suppose l'hypothèse de Bohr. En plus, il convient de noter que la trace est constituée, d'une part, par la partie centrale due à l'ionisation primaire produite par le passage du noyau et, d'autre part, par des rayons δ de très faible énergie formant la partie latérale de la trace dont on ignore la loi de formation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Échanges isotopiques entre le cobalt et le tantale et leurs ions en solution.* Note de M. **Maurice Cottin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les recherches antérieures (¹) sur les échanges entre divers métaux et leurs ions en solution aqueuse ont montré l'intérêt d'examiner le comportement de métaux passifs ou facilement rendus passifs, très peu étudiés jusqu'ici. Le cobalt et le tantale (²) m'ont paru particulièrement intéressants à ce point de vue.

Les expériences effectuées sur le cobalt ont été faites avec des lames obtenues par dépôt électrolytique ou avec du cobalt fondu, fourni par M. Guillaud. Les surfaces métalliques ont été préparées, soit par polissage mécanique, soit par polissage électrolytique en bain perchlorique-acétique, d'après un procédé qui sera décrit ultérieurement.

Les lames de tantale ont été généralement polies mécaniquement, mais certaines expériences ont été effectuées avec des lames polies anodiquement en bain fluo-nitrique.

J'ai utilisé comme indicateur radioactif ^{60}Co de 5,3 ans provenant du National Laboratory d'Oak Ridge (É. U.), et ^{182}Ta de 117 jours qui a été fourni par les Établissements de l'Énergie atomique de Harwell. La technique expérimentale a été généralement la même que celle que j'ai utilisée avec MM. Haïssinsky et Varjabedian (¹).

Les expériences sur le cobalt ont été effectuées sur le chlorure, le sulfate, le nitrate, l'acétate et le perchlorate; celles sur le tantale n'ont été faites qu'en solution fluorhydrique, milieu qui paraissait le plus favorable à l'échange

(¹) M. Haïssinsky, M. Cottin et Varjabedian, *J. Chim. Phys.*, 45, 1948, p. 207; M. Haïssinsky, *Ibid.*, 45, 1948, p. 224.

(²) Le travail sur le tantale a été effectué en collaboration avec M. Gluzbarg.

d'après une étude électrochimique antérieure ([3]). Le pH de toutes les solutions étaient généralement aussi voisin que possible de la limite imposée par l'hydrolyse des sels employés. Cependant les lames de Co et de Ta ont été toujours légèrement attaquées au cours de l'échange. Les expériences précédentes avaient montré ([1]) que l'attaque de la surface métallique, quand celle-ci n'est pas trop forte, favorise l'échange; malgré ceci, les quantités échangées entre Co et Ta et leurs ions sont beaucoup plus faibles qu'avec tous les autres métaux actifs étudiés précédemment ([1]).

Pour le tantale, l'échange est même, dans la limite de la précision des mesures, nul ou tout au moins d'une vitesse inférieure à la vitesse de dissolution.

Dans le cas du cobalt, la nécessité d'opérer pendant des durées relativement longues du fait de la lenteur de l'échange, d'une part, et d'autre part l'attaque du métal rendent les résultats peu reproductibles, de sorte que l'on peut en tirer seulement les conclusions qualitatives suivantes :

1° L'échange, comme dans le cas des autres métaux, dépend de la nature de l'anion. C'est ainsi que toutes autres conditions étant égales (18° C, concentration de l'ordre de 0,1 M correspondant a une activité thermodynamique égale pour tous les sels, pH 5,3 environ, agitation par barbotage d'air), le cobalt échange approximativement après cinq minutes

10	couches	monoatomiques	avec le	chlorure
20	»	»	»	sulfate
12	»	»	»	acétate
25	»	»	»	nitrate
55	»	»	»	perchlorate

2° Après cet échange initial, le processus semble s'arrêter ou tout au moins se ralentir considérablement, dans le cas des nitrate, acétate et perchlorate. Pour le sulfate et le chlorure, la vitesse d'échange suit approximativement la loi empirique établie précédemment : $x = bt^a$.

3° L'attaque de la surface métallique favorise l'échange. En effet, la diminution de pH de 5,7 à 3,5 fait augmenter l'échange apparent mesuré après une heure de 25 à 50 couches dans le cas du chlorure et Co électrolytique.

4° Le polissage électrolytique est plutôt défavorable à l'échange, fait que j'ai déjà constaté avec le plomb.

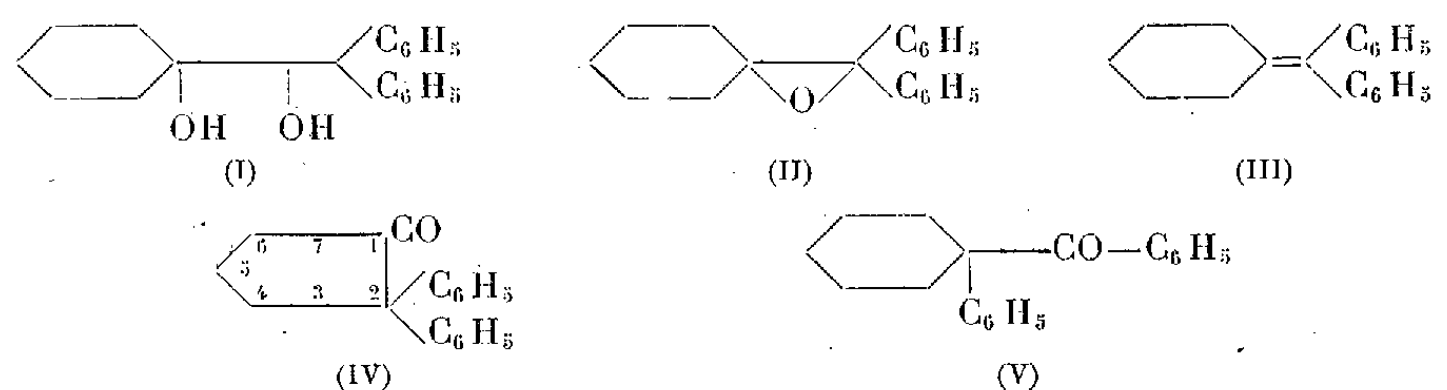
5° En atmosphère inerte (azote), l'échange diminue dans certaines conditions ($CoSo_4$/Co électrolytique).

6° La vitesse de l'échange augmente avec la température; mais l'augmentation de la dissolution du métal rend la détermination de la chaleur d'activation très difficile.

([3]) M. Haïssinsky, A. Coche et M. Cottin, *J. Chim. Phys.*, 44, 1947, p. 234.

En conclusion, ces deux métaux inertes, à structure *serrée* ([4]), échangent plus lentement que les métaux actifs, même dans les conditions les plus favorables. Il semblerait donc que ce sont les propriétés structurales des métaux, leurs aptitudes à la déformation de leurs couches superficielles par les électrolytes et plus particulièrement par leurs propres ions, qui déterminent les possibilités des échanges considérés ici.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la déshydratation de l'(hydroxy-1-cyclohexyl)-diphényl-carbinol. Isomérisation de la diphényl-2.2-cycloheptanone-1 en benzoyl-1-phényl-1-cyclohexane.* Note (*) de Mlle **Germaine Cauquil** et M. **Jacques Rouzaud**, présentée par M. Marcel Delépine.



(I) (Hydroxy-1-cyclohexyl)-diphénylcarbinol ($C_{19}H_{22}O_2$), F 131°; (II) Oxyde de cyclohexylidène-diphénylméthane ($C_{19}H_{20}O$), F 121°,5; (III) Cyclohexylidène-diphénylméthane ($C_{19}H_{20}$), F 84°; (IV) Diphényl-2.2-cycloheptanone-1 ($C_{19}H_{20}O$), F 94°; (V) Benzoyl-1-phényl-1 cyclohexane ($C_{19}H_{20}O$), F 75°.

Meerwein ([1]), en traitant le glycol (I) par l'acide sulfurique concentré et froid pendant une heure, obtint un produit de composition $C_{19}H_{20}O$, F 94° auquel il a attribué la formule (II).

En effet : *a*. Son oxydation chromique le scinde en un mélange d'acides adipique et glutarique et en benzophénone.

b. Par distillation sous la pression atmosphérique, en présence de chlorure de zinc, il s'isomérise en la cétone (V).

Arbusow et Arbusowa ([2]) ayant à caractériser le carbure (III), l'ont traité par l'acide peracétique et ont obtenu un produit de composition $C_{19}H_{20}O$ F 121°,5 auquel ils ont attribué la formule (II).

Nous avons préparé et soumis le composé F 121°5 :

c. A une oxydation chromique en milieu acétique qui donne de l'acide adipique F 149° et de la benzophénone, caractérisée par sa semicarbazone F 164°.

([4]) R. Piontelli, *J. Chim. Phys.*, 45, 1948, p. 115.

(*) Séance du 25 septembre 1950.

([1]) *Ann.*, 396, 1913, p. 204; *Ibid*, 419, 1919, p. 170.

([2]) *Zh. obshch. Khim.* (*J. de Chim. générale russe*), 2 (64), 1932, p. 388; *C. Z.* 1, 1933, p. 2940.

d. A la distillation sous la pression atmosphérique en présence de chlorure de zinc, où nous isolons la cétone (V).

Par les propriétés indiquées en (*a*) et (*c*) d'une part, en (*b*) et (*d*) d'autre part, il semblerait que les produits 94° et 121°,5 sont des époxydes isomères, ce qui paraît difficile à admettre. Nous avons vérifié que nous n'avions pas des variétés polymorphes.

Des essais de caractérisation de la fonction époxyde sur le composé F 121°,5 ont montré qu'il ne peut fixer OH_2, même par chauffage à 125° en présence d'acide perchlorique et en tube scellé. L'acide chlorhydrique gazeux, l'ammoniaque en autoclave à 190° le laissent inchangé. L'iodure de méthyl-magnésium ne réagit pas à l'ébullition de l'éther, mais le transforme quantitativement en produit F 94° après addition de toluène anhydre et reflux 4 heures. Chauffé seul dans du toluène anhydre, aucune transformation n'est observée. Théoriquement l'époxyde (II) peut s'isomériser soit en la cétone (IV), soit en la cétone (V). Le produit F 121°,5 sera bien l'époxyde (II), si nous pouvons montrer que le produit F 94° est la cétone (IV).

Meerwein ([1]) n'avait pu caractériser la fonction cétone sur le produit F 94°. Nous avons essayé, sans résultat d'ailleurs, cette caractérisation. Cependant en le soumettant à la fusion avec de la soude à 300-350° pendant un quart d'heure, nous avons obtenu, avec un rendement de 86 %, un acide F 105° cristallisé dans l'éthanol.

Dosage acidimétrique : P. M. tr. 276,4; calc. pour $C_{19}H_{22}O_2$ 282. Amide F. 104-105°. (Dosage d'azote semi-micro-Kjeldhl : % tr. 5,06; calc. pour $C_{19}H_{23}ON$ 4,98).

Cet acide est l'acide α.α-diphényl-heptylique



$$CH_3-(CH_2)_4-C(C_6H_5)_2-COOH,$$

déjà préparé par Ziegler ([4]).

Le produit F 121°5 soumis à la fusion avec de la soude dans les mêmes conditions ne donne que de l'acide benzoïque F 121° (amide F 126°).

L'obtention de l'acide α.α-diphényl-heptylique à partir du produit F 94° montre que ce dernier a la constitution de la diphényl-2.2-cycloheptanone-1 (IV) et que dans la fusion avec la soude, le cycle s'est ouvert entre les carbones 1 et 7.

La stabilité de cette cétone est remarquable : nous n'avons pu en obtenir ni oxime, ni semicarbazone; nous n'avons pu la faire réagir avec l'iodure de méthyl-magnésium; nous n'avons pu l'hydrogéner par la méthode de Clemmensen et même catalytiquement à froid en présence de platine sous 30^{kg} de pression.

([4]) K. Ziegler, F. Crossmann, H. Kleiner, et O. Schafer, *Ann. der Chem.*, 1, 1929, p. 473.

La constitution du produit F 121°,5 est alors établie : son mode d'obtention, son oxydation chromique, son isomérisation par l'iodure de méthyl-magnésium montrent bien que c'est l'oxyde de cyclohexylidène-diphényl-méthane (II). Une telle formule est aussi en accord avec l'isomérisation signalée en (*d*).

Il ne faut donc plus considérer la déshydratation par l'acide sulfurique concentré à froid de (l'hydroxy-cyclohexyl)-diphényl-carbinol comme un cas particulier qui conduit à un époxyde : ce glycol se déshydrate comme les glycols du même type en donnant une cétone.

De plus l'isomérisation de la diphényl-2.2-cycloheptanone-1 en benzoyl-1-phényl-1-cyclohexane par distillation à la pression atmosphérique en présence de chlorure de zinc (voir *b*), est une isomérisation de cétone en cétone qui est à rapprocher de celles déjà signalées par Favorsky ([5]). Ces conditions d'isomérisation feront l'objet d'un travail ultérieur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du dichlorure de succinyle sur certains dérivés hétérocycliques azotés. Réactions colorées qualitatives.* Note de M. et Mme **Jean-Vincent Harispe**, présentée par M. Marcel Delépine.

Certains dérivés pyridiques ou quinoléiques en solution acétonique ou chloroformique, à des concentrations allant du dixième au dix-millième, fournissent avec le dichlorure de succinyle des précipités vivement colorés ou seulement des colorations dont la nuance peut contribuer à la diagnose de ces bases hétérocycliques.

Dans le but de préparer des esters et des amides succiniques, nous avons été amenés à faire réagir le dichlorure d'acide correspondant en présence d'une base tertiaire, fixatrice d'acide chlorhydrique. En ajoutant le dichlorure de succinyle à de la pyridine anhydre, nous avons observé une intense coloration brune, puis un précipité brun; par addition d'eau, la coloration passait au rose intense. Rien d'analogue n'apparaît avec des chlorures de mono-acides, tels que ceux d'acétyle ou de benzoyle.

Nous réservant de chercher si d'autres chlorures d'acides fournissaient cette réaction, nous avons d'abord étudié vis-à-vis du dichlorure de succinyle le comportement de certains homologues et dérivés de la pyridine et de quelques bases hétérocycliques plus ou moins apparentées. Le tableau ci-après résume les essais qualitatifs effectués en ajoutant une goutte de dichlorure de succinyle à 3^{cm^3} d'une solution chloroformique contenant la base étudiée à des concentrations allant de 10^{-1} à 10^{-4}. L'étude des substances formées est l'objet de nos recherches.

([5]) Al. Favorsky et Mlle A. Tchilingaten, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 221; Al. Favorsky, *Bull. Soc. Chim.*, [5], 3, 1936, p. 239.

Pyridine (10^{-1}) : coloration rose fuchsine, virant au violet en une minute; (10^{-2}) : rose moins intense; (10^{-3}) : jaune à peine sensible.

Picoline α (10^{-1}) : coloration rose fuchsine brunissant immédiatement; (10^{-2}) : coloration rose pâle disparaissant en une vingtaine de secondes; le liquide incolore verdit ensuite peu à peu.

Picoline β (10^{-2}) : coloration rose violacé; (10^{-3}) : louche blanc.

Picoline γ ($0,5.10^{-2}$) : coloration violette virant au vert jaune puis au vert sale; ($0,5.10^{-3}$) : coloration violet pâle virant au vert; (10^{-4}); coloration vert jaune.

Nicotate d'éthyle (10^{-1}) : coloration bleu violet; (10^{-2}) : coloration vert pâle à peine sensible.

Nicotates de n-butyle et d'heptyle (10^{-1}) : coloration bleu violet s'intensifiant; (10^{-2}) : coloration vert pâle à peine sensible.

Nicotate de carvacryle (10^{-1}) : coloration bleu verdâtre faible.

Nicotamide (10^{-2}) : *précipité* mauve cyclamen immédiat, passant peu à peu au violet dans un liquide incolore.

β-pyridyl-méthanol (10^{-1}) : coloration mauve, virant au violet, au bleu noir, puis au noir; (10^{-2}) : coloration rose fuchsine, virant au jaune ocre, au vert bleu, puis au vert jaune avec précipité blanc.

β-amino-pyridine (10^{-1}) : *précipité* rose rouge, mélangé de jaune; (10^{-2}) : *précipité* saumon, pâlissant jusqu'au jaune; (10^{-3}) : *précipité* jaune clair dans un liquide de même teinte.

(*β-pyridyl-méthyl*) *amine* (10^{-1}) : *précipité* rose, passant au violet; (10^{-2}) : *précipité* rose clair, liquide fuchsine virant au mauve en pâlissant.

β-pyridyl-nicotamide (10^{-2}) : *précipité* lilas, liquide rouge; (10^{-3}) *précipité* lilas se décolorant rapidement; (10^{-4}) : louche blanc.

Di-(β-picolyl) amine (10^{-2}) : *précipité* violet mauve; (10^{-3}), *précipité* blanc, liquide jaune vert; (10^{-4}) : louche blanc.

Nitrile nicotique (10^{-1}) : *précipité* blanc, liquide jaune; (10^{-2}) : liquide jaune pâle, puis précipité blanc.

β-picolyl-nicotamide (10^{-1}) : *précipité* violet rose disparaissant et suivi d'un précipité blanc; (10^{-2}) : *précipité* cyclamen, blanchissant en une vingtaine de secondes; (10^{-3}) : coloration cyclamen disparaissant en quatre secondes, tandis qu'apparaît un précipité blanc; (10^{-4}) : louche blanc.

Ester acétique du β-pyridyl-méthanol (10^{-1}) : coloration violet intense; (10^{-2}); coloration violet rouge, passant au vert; (10^{-3}) : *id.* à peine sensible.

Ester benzoïque (10^{-1}) : coloration violet intense; (10^{-2}) : coloration violet rouge, passant en deux minutes au gris, puis au vert pâle.

Quinoléine (10^{-1}) : coloration brun rouge immédiate; (10^{-2}) : coloration violet rose très pâle, apparaissant peu à peu.

Acridine (10^{-1}) : coloration jaune, virant au brun.

Quinine (10^{-1}) : coloration brune.

Ester carbonique de la quinine (10^{-1}) : coloration brun noir.

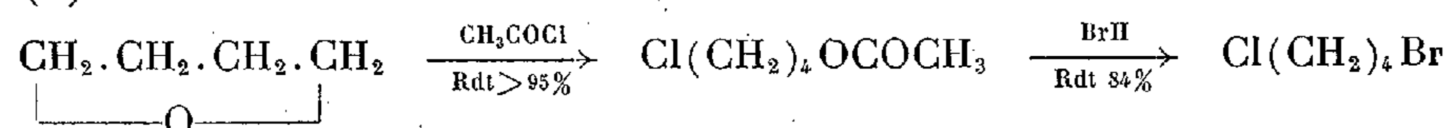
Cinchonine (en suspension) : coloration brun orangé, passant au brun clair.

Caféine, Morphine, Narcéine, Cocaïne, Brucine : pas de coloration notable.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation et propriétés des Valéronitriles ω halogénés.* Note de MM. **Henri Normant** et **Gérard Voreux**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action de CH_3CN, en présence de NH_2Na, sur les carbures ω bihalogénés $X(CH_2)_nX$ ne conduit pas, semble-t-il, si $n = 3$, au cyanocyclobutane. Avec les halogénures dissymétriques $Cl(CH_2)_nX$ ($X = Br$ ou I) il y a formation générale de nitrile ω chloré $Cl(CH_2)_{n+1}CN$, mais la cyclisation probable de ces derniers n'a pu être mise en évidence que pour le cyclopentanenitrile [1]. Cependant le passage de $Cl(CH_2)_3CN$ au cyanocyclopropane se fait dans de bonnes conditions [2]; cette anomalie dans la série des cyanoalcanes nous a amenés à étudier la cyclisation de $Cl(CH_2)_4CN$.

La préparation du *chloro-1 bromo-4 butane* nécessaire a été réalisée comme il suit [3] :



$$\underbrace{CH_2.CH_2.CH_2.CH_2}_{\text{—O—}} \xrightarrow[\text{Rdt}>95\%]{CH_3COCl} Cl(CH_2)_4OCOCH_3 \xrightarrow[\text{Rdt } 84\%]{BrH} Cl(CH_2)_4Br$$

La première réaction exige des produits secs, une trace de Cl_2Zn (0,001) et une température inférieure à 35°; pour la seconde on prend un excès de solution aqueuse *saturée* de BrH. On évite ainsi le passage par le chlorobutanol et l'emploi ultérieur de Br_3P préconisé à ce jour. Il se forme, en outre, du dibromure $Br(CH_2)_4Br$, E_{14} 79-81°, et du bromoacétate de butanol E_{14} 96°.

La différence de réactivité des atomes d'halogènes diminue avec leur éloignement; tandis que CNNa donne, avec $Cl(CH_2)_3Br$, le nitrile chloré principalement, $Cl(CH_2)_4Br$ fournit, au contraire, un mélange (Rdt 60 %) de *chloro-1 cyano-4 butane* (60-80 %), E_{11} 97° D_{18} 1,083 N_{17} 1,4502 et de *Bromo-1 cyano-4 butane* (40-20 %) E_{11} 107° D_{20} 1,385 N_{20} 1,4767 et non un nitrile halogéné unique [4].

Des nitriles ω halogénés on passe, sans difficulté, aux acides valériques halogénés et à leurs dérivés, pour lesquels la littérature est souvent incomplète et dont voici les constantes relevées :

Acide valérique ω chloré $Cl(CH_2)_4COOH$ par hydrolyse du nitrile à ClH concentré et chaud ; E_{11} 129-130° F 18°.

(1) Paul et Tchelitcheff, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 470.

(2) Henry, *Mém. Ac. Sc. Belge*, 57, 1898, p. 76; Nicolet et Sattler, *J. Amer. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 2066.

(3) G. Voreux, *Dipl. Ét. sup.*, juillet 1950, Lille.

(4) Starr et Hixon, *J. Amer. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1595.

Ester éthylique (nitrile + éthanol saturé de ClH), Rdt 85 %, E_{13} 90° D_{20} 1,054, N_{20} 1,4400; chlorure (acide + $SOCl_2$ en excès) Rdt; 80-90 %, E_{12} 83°, D_{18} 1,210, N_{18} 1,4653; amide F 72-72°,5 (C_6H_6); anilide F 106° (éther).

Acide valérique ω bromé $Br(CH_2)_4COOH$: par hydrolyse du nitrile bromé au moyen de BrH à 48 %, ou par action du même réactif sur $C_2H_5O(CH_2)_4CN$, E_{14} 138° (déc.); F 39-40°; ester éthylique, E_{12} 111-112° (déc.), D_{20} 1,360, N_{20} 1,4739; chlorure E_{13} 96°,5, D_{23} 1,493, N_{23} 1,4880; amide F 84-84°,5 $(C_6H)_6$; anilide F 98°,-99° (éther).

Par action d'un hydracide X'H, pris en fort excès, on transforme le nitrile $X(CH_2)_4CN$ en acide $X'(CH_2)_4COOH$, par l'intermédiaire probable de la valérolactone; on peut donc passer du mélange brut des nitriles à un acide halogéné unique.

La préparation du cyanocyclobutane a été tentée en traitant les nitriles ω halogénés par divers agents alcalins, les rendements les moins défavorables (25-30 %) étant obtenus par NH_2Na. HOK alcoolique ou C_2H_5ONa donnent, principalement, l'*éthoxy*-1 *cyano*-4 *butane* $C_2H_5O(CH_2)_4CN$, E_{11} 83°, D_{18} 0,897, N_{18} 1,4209.

Avec $(C_2H_5)_2NH$ il se forme surtout le *diéthylamino*-1 *cyano*-4 *butane* $(C_2H_5)_2N)CH_2)_4CN$, E_{13} 107°; D_{22} 0,857, N_{22} 1,4382; picrate F 85° (alcool).

Le *nitrile cyclobutanique* présente des constantes : E 145-146°; D_{17} 0,868; N_{17} 1,4263 très voisines de celles du nitrile allylacétique.

Cependant, le passage par l'acide cyclobutane carboxylique : E_{13} 88°; D_{18} 1,054, N_{18} 1,4400 et son chlorure : E 142-143°, montre que ces derniers, tout au moins, renferment très peu d'impuretés éthyléniques.

L'acide *cyclobutane carboxylique* a été caractérisé par son anilide F 112,5-113° (C_6H_6) et son amide F 155°, alors que ceux de l'acide allylacétique fondent respectivement à 92° et 108° (1).

En résumé le comportement des chlorobromures $Cl(CH_2)_nBr$ est bien différent selon que $n = 3$ ou 4; la stabilité du cycle tétraméthylénique apparaît inférieure à celle des cycles voisins en C_3 et C_5, tout au moins, quand il possède un substituant positif.

GÉOLOGIE. — *La succession stratigraphique du Dévonien dans le bassin de Morlaix (Finistère).* Note (*) de M. **Charles Delattre**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Ces trois dernières années, j'ai été amené, pour la révision de la feuille de Morlaix au 1/80 000e, à préciser la succession stratigraphique du Dévonien

(*) Séance du 25 septembre 1950.

dans le synclinal de l'Élorn-Morlaix. Cette succession est appuyée sur un certain nombre de niveaux fossilifères que j'ai pu établir grâce à des découvertes nouvelles, qui viennent compléter celles de Le Hir (1). Cette série comprend de la base au sommet :

1. *Schistes et quartzites de Plougastel.* — La base de cet étage est constituée par les quartzites de Saint-Michel-de-Brasparts, qui reposent en discordance sur le Briovérien à Botmeur et Ménez-Quilliou en Plounéour-Ménez. Ce sont des quartzites blancs, souvent graveleux, séricitiques. Le contact sur le Briovérien est visible dans la carrière au Sud de la Croix-Cassée (Botmeur). Ils n'ont pas livré de fossiles.

Les quartzites et quartzophyllades de Plougastel sont fossilifères à Dirinon (Stang Doun de Poulescadec). Ils contiennent la faune déjà décrite par Ch. Barrois, comprenant entre autres; *Homalonotus le Hiri* Barr., *Pterinea retroflexa* Wahl., et représentent de façon incontestable le Gédinnien.

2. *Grès de Kervaon-en-Morlaix.* — Au Sud de Morlaix, sur les schistes et quartzites de Plougastel, reposent au Merdy-en-Morlaix, les grès de Kervaon qui ont livré : *Dalmanella Monnieri* Rou., *Camarotœchia cypris* d'Orb., *Uncinulus fallaciosus* Oehl., *Spirifer* sp., *Pterinea* sp., et de grandes plaques d'encrines : cf. *Cheirocrinus* (*Glyptocystites*) *giganteus* Eichw (2). Cette faune, nettement siegénienne, correspond à celle du grés de Landévennec, au bord Sud du synclinal de Châteaulin.

Sur cette série de base ainsi bien datée, reposent les quartzophyllades de Morlaix dont l'âge était demeuré discuté. Provisoirement rangés dans le Briovérien par Ch. Barrois (*ax* de la carte géologique), dans le Dévono-Carbonifère par M. Y. Milon, ils admettent les subdivisions suivantes dont certaines sont fossilifères.

3. *Schistes noirs d'Izela* (en Pleyber-Christ). — Assise de sédiments argileux, fins et très charbonneux, donnant, au contact des granites, des ampélites graphiteuses à petites andalousites (maclines) dans lesquelles nous n'avons pu, jusqu'à présent, recueillir de fossiles. Mais c'est un excellent repère pour le cartographe, car cette assise se suit ininterrompue depuis la Roche Maurice (renversée sur les quartzites) jusqu'au Mur en Morlaix et réapparaît à Saint-Michel-en-Grève sous les grès de Coat Conval.

4. *Grès quartzites de la Coat Conval.* — Grès fins en petits bancs, à délits

(1) La collection Le Hir conservée au Laboratoire de Géologie de la Sorbonne a été mise à ma disposition par M. le Professeur Piveteau. J'ai également tiré parti d'une collection Le Hir moins importante appartenant au Musée de Morlaix.

(2) Plaques identiques à celles trouvées par P. Pruvost et D. Le Maître à Kereneuf en Saint-Gilles. (P. PRUVOST et D. LE MAÎTRE, *Bull. Carte Géol. de France*, n° 212, 44, 1943, p. 86.)

de schistes noirs, noirs à l'état frais, s'altérant en blanc aux affleurements. Sur le terrain, cette bande affleure sans interruption depuis la rade de Brest par la Roche Maurice (où elle est localement plus graveleuse, par Kerusavel (en Loc Eguiner), Saint-Thégonnec, Pont Corellou, Coat Conval (en Pleyber Christ) où ils sont fossilifères, Le Mur (Est de Morlaix) jusqu'à Saint-Michel-en-Grève. Elle correspond à une partie de ce que M. Y. Milon désigne sous le nom de grès du Trégorrois et du Léon. Cette assise est fossilifère; Le Hir a récolté de très beaux fossiles en particulier à Keramprat ([3]) en Saint-Martin-des-Champs. Parmi ces fossiles j'ai pu déterminer : *Spirifer subsulcatus* Barr., *Spirifer hystericus* Schl., *Orthis hipparionyx* Schnur, *Stropheodonta* sp., *Pterinea lævis* Goldf., *Leiopteria pseudolævis* Oehl, *Grammysia hallei* var., *Homalonotus* sp., *Dalmanites* sp., faune de la base de l'Emsien.

5. *Quartzophyllades de Saint-Martin-des-Champs*. — C'est le gisement des grauwackes à encrines (marquées F par Ch. Barrois sur la feuille de Morlaix), intercalées dans les phyllades de Morlaix; à côté de ces encrines, les fossiles caractéristiques y sont rares, sauf à Locmélar et à Sizun. Le caractère de cette faune à *Stropheodonta Murchisoni* A. et de V., *Schuchertella septirecta* Wolf., *Spirifer* cf. *hercyniæ* et le repos immédiat de cette assise sur le grès emsien de Coat Conval, conduit naturellement à en faire le représentant de la partie supérieure du Coblencien (Emsien supérieur). Elle représente sous un faciès moins arénacé la grauwacke du Faou dans la rade de Brest ([4]).

J'avais établi précédemment ([5]), confirmant les premières observations de MM. P. Pruvost ([6]), G. Waterlot et P. Comte, que les quartzophyllades de Morlaix, qui reposent en concordance sur l'étage gédinnien des schistes et quartzites de Plougastel, devaient être rapportés logiquement au Coblencien. L'argument paléontologique, s'ajoutant à mes levers cartographiques, vient aujourd'hui confirmer cette observation. Car la présence au Merdy d'une faune nettement siegénienne, entre les schistes et les quartzites de Plougastel (Gédinnien) et l'étage des quartzophyllades de Morlaix, comprenant les grès

---

([3]) Cette localité ne figure plus sur la feuille de Morlaix au 1/80000. L'ancien manoir de Keramprat était situé à mi-chemin entre le Cosquer en Saint-Martin-des-Champs et Coat Conval.

([4]) Un doute subsiste encore sur la position stratigraphique des grès de Toulgoat qui n'ont livré qu'une faune de gastéropodes et lamellibranches décrite par Ch. Barrois, difficilement comparable aux faunes ci-dessus définies. Mais mon lever cartographique me conduit logiquement à les interpréter comme un faciès local des grès emsiens inférieurs de Coat Conval.

([5]) La série dévono-carbonifère du bassin de Morlaix [*A. S. G. N.*, 69, 1949 (à l'impression)]. Dans cette Note est décrite la discordance de la brèche dinantienne du Dourdu sur la série dévonienne de Morlaix.

([6]) *Bull. Carte Géol. France*, 44, n° 212, 1943.

emsiens de Coat Conval, démontre qu'il s'agit d'une série stratigraphique continue, représentant l'ensemble du Dévonien inférieur.

Mais elle offre des faciès en général moins littoraux que ceux de la région classique de la rade de Brest.

GÉOLOGIE. — *Sur le houiller de Graissesac.*

Note (*) de M. **Jean Louis**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Au Nord-Ouest de Bédarieux le Houiller occupe, le long du massif de l'Espinouze, une bande de terrain orientée E-W dont la largeur n'excède pas 3^{km}, partant de Murat-sur-Vèbre pour s'enfoncer sous les formations permiennes de la vallée de l'Orb.

Voici ce que l'on connaissait, par les plans d'exploitation et les publications antérieures, du Carbonifère de Graissesac :

L'ensemble se présente comme un synclinal légèrement dissymétrique dont l'axe est orienté W 10° N, affecté de plis secondaires, violents à l'Ouest de Graissesac, atténués ailleurs. La limite Nord est en général une limite d'érosion. De grandes failles jalonnent au contraire le bord Sud du bassin. En plus de ces dernières, le gisement est affecté par de nombreux accidents, particulièrement dans le flanc Sud du Synclinal.

Les schistes et grès arkosiques forment la majeure partie du terrain houiller. Sauf dans la région occidentale, les conglomérats sont peu abondants.

La flore est peu différenciée. Dans la plupart des couches de Graissesac et du Bousquet, on trouve les principales espèces déjà mentionnées par Grand'Eury : *Cordaites lingulatus* G. E. abondante partout, *Odontopteris reichi* Gutbier, *Pecopteris polymorpha* Br., *pluckeneti* Schl., *unita* Br., *arborescens* Schl., *dentata* Br. (Ouest de Graissesac), *cyathea* Schl., *Callipteridium* Schl., *Alethopteris Grandini* Br., *Mixoneura neuropteroïdes* Gœppert, *Linopteris* cf. *neuropteroïdes* Gœp. (Ouest de Graissesac), Sigillaires cannelées, *Sigillaria Brardi* Br. (couche Brochin à l'Est de Graissesac), etc.

Cet ensemble stéphanien moyen ne serait pas antérieur à la flore de la zone 4 définie dans le Gard par Paul Bertrand. A Saint-Genies-de-Varensal, par contre, à l'extrémité orientale de la bande houillère, nous avons trouvé dans les brèches au contact avec les micaschistes un banc de grès renfermant *Mixoneura flexuosa* G. E., inconnu à Graissesac.

Le bassin de Graissesac se trouve divisé en plusieurs régions constituant chacune un district d'exploitation, entre lesquelles aucune liaison certaine n'avait jamais été faite. Ce sont, de l'Est à l'Ouest :

la *zone de l'Orb*, à l'Est du ruisseau de Rigaussels; on y connaît 7 veines numérotées de 0 à 6;

(*) Séance du 25 septembre 1950.

la *zone de Verrières* entre le Rigaussels et l'Espaze, où furent partiellement exploitées, au mur de la couche dite *première Verrières*, six à huit autres couches; trois veines existent également au toit de cette formation;

la région de la *rive gauche du Clédou*, entre l'Espaze et le Clédou; sept à huit veines sont déhouillées; au mur sont reconnus, en quelques points, des filets charbonneux appelés *misères*;

la région de la *rive droite du Clédou*, entre ce ruisseau et le torrent des Salles, où l'on a exploité sept couches, elles-mêmes couronnées par d'autres encore vierges;

enfin, relié à la *rive droite* par une bande étroite et mal explorée, le petit gîte d'anthracite de Plaisance.

Une nouvelle étude détaillée du bassin de Graissesac devait avant tout se proposer d'établir une relation entre ces différents domaines. La flore étant trop peu différenciée pour être utilisée à cette fin, nous espérons avoir obtenu quelques résultats par la mise en évidence de niveaux repères et une étude plus précise des accidents.

Si, partant de l'extrémité Ouest de la région *rive droite* on se dirige vers l'Est, on constate un amincissement progressif des bancs exploités et stériles. Peu avant Graissesac, le faisceau *rive droite*, arrêté par un important accident transversal, dit *accident de Vendredi*, se trouve effondré vers l'Est et constitue, au delà de la faille, les *misères* du faisceau *rive gauche*. On reconnaît effectivement dans ces *misères*, sur le chemin du col de la Pauze, les horizons caractéristiques de la région *rive droite* : grès à *Linopteris*, conglomérats à petits galets de quartz blanc, gros bancs de grès au mur, etc.

Les formations de la *rive gauche* plongent lentement vers l'Est, s'amincissent à leur tour et sont bientôt couronnées par un banc de schistes à écailles de poissons, comparable à celui que l'on observe à la Grand' Combe, dans le bassin du Gard, au mur de la couche Grand Baume. Ce banc, que l'on peut situer, aux environs du puits Kunholtz, à une cinquantaine de mètres au-dessus de la veine Pilate (la plus élevée de la *rive gauche*), vient se placer lorsqu'on pénètre, après la traversée de l'Espaze, dans la zone de Verrières, à 80^{m} au mur de la couche première Verrières. Ainsi les formations de la *rive gauche* et de Verrières sont exactement raccordées.

Enfin, en arrivant dans la zone de l'Orb, on voit la veine première Verrières se confondre avec la couche n° 3 de l'Orb. Tout le puissant complexe de Graissesac passe donc, après avoir subi une considérable réduction d'épaisseur, dans la partie inférieure du faisceau de l'Orb.

Si l'on explore la bande mal connue qui sépare Plaisance du quartier de la *rive droite*, on observe une extension progressive vers l'Ouest des formations situées à la base des couches exploitées à la *rive droite* et l'apparition de brèches qui, vers Saint-Genies-de-Varensal, renferment *Mixoneura flexuosa* G. E. Le gîte de Plaisance est donc plus ancien que les couches de Graissesac.

Le développement vers l'Ouest des niveaux houillers inférieurs, accompagné d'une disparition par érosion des niveaux plus récents, constitue le trait dominant de la structure du bassin de Graissesac. Le centre de la cuvette primitive se trouvait à l'Ouest; les dépôts carbonifères ont envahi l'aire qui forme actuellement le bassin en progressant d'Ouest en Est.

GÉOLOGIE. — *Sédiments rhétiens dans le Boulonnais.* Note (*) de M. **Paul Corsin**, Mlle **Paule Corsin** et M. **Jacques Danzé**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Des lapiez *fossiles* pré-jurassiques, affectant le sommet des calcaires marbres viséens, ont été récemment signalés dans les carrières de Basse-Normandie et de la Vallée Heureuse (commune de Rinxent, Pas-de-Calais) par l'un de nous (J. D.) et P. Renault (1).

1. A côté des lapiez typiques se trouvent de grandes poches de dissolution. Dans la carrière de la Vallée Heureuse, nous avons étudié l'une d'elles dont il ne subsistait que les parois Nord et Est. Avant sa destruction partielle, cette poche mesurait environ 30m de longueur, 10 à 12m de largeur et 7 à 8m de profondeur (2). Son grand axe était orienté Nord 26° Est. Lorsque nous nous sommes rendus sur les lieux, elle était presque complètement vidée de son contenu. Néanmoins, nous avons pu en étudier le remplissage d'après les sédiments qui restaient dans sa partie Nord et grâce à des lambeaux plaqués contre la paroi Est. Le fond de cette cuve de dissolution était recouvert par des sables argileux gris rougeâtre (épaisseur moyenne 25cm), puis jusqu'aux 4/5 environ de sa hauteur le remplissage consistait, par place en argiles noires, compactes, plastiques et en d'autres points en argiles sableuses grisâtres. On trouve intercalées de façons irrégulière, dans ces formations, des lentilles de sable gris roux contenant des concrétions gréseuses et ferrugineuses. Enfin, le sommet de la poche était rempli de sables jaunâtres sur 1m,50 d'épaisseur, la surface supérieure de ces sables coïncidant sensiblement avec la partie extérieure des lapiez. Primitivement le tout était recouvert d'une couche de limon localement assez épaisse.

2. Sans être absolument stériles, les argiles noires compactes ne renferment aucun fossile nettement reconnaissable. On y remarque seulement de nombreux débris charbonneux à l'état de fusain. Parfois même ces restes forment, par leur accumulation, une véritable couche de charbon épaisse de plusieurs décimètres. Les sables eux-mêmes sont stériles, mais les concrétions

---

(*) Séance du 25 septembre 1950.

(1) *Ann. Soc. géol. Nord,* séance du 21 juin 1950.

(2) Renseignements fournis par M. Héraux, Directeur de l'exploitation.

gréseuses contiennent de fins lambeaux de plantes la plupart du temps indéterminables. Par contre, les argiles grisâtres renferment de nombreux débris de plantes carbonisés, de cuticules et même des fragments de végétaux parfois d'assez grande taille. Une première identification nous a montré, là, l'existence de : *Danæopsis marantacea* Heer, *Cladophlebis* sp., *Todites* sp. et *Ctenopteris cycadea* Brongniart. L'échantillon le plus complet de *Danæopsis marantacea*. qui représente une Fougère, est une pinnule mesurant plus de 10^{cm} de longueur sur plusieurs contimètres de largeur. Sa nervation est parfaitement visible. De nombreux fragments de *Ctenopteris cycadea* (Ptéridospermée?) de *Cladophlebis* (Fougère) et de *Todites* (Fougère) montrent plusieurs pinnules parfaitement déterminables.

Les cuticules supérieures et inférieures de ces différentes plantes sont très bien conservées; elles s'enlèvent facilement, de telle sorte qu'il est relativement aisé de les isoler par la méthode de transfert et de les étudier au microscope. Une étude plus approfondie, utilisant les méthodes modernes de recherche de micro-organismes dans les roches, permettra certainement de déceler la présence de nombreux pollens et spores dans ces sédiments.

A côté de ces végétaux, on trouve, dans les argiles grisâtres, de grandes coquilles de lamellibranches d'eau douce mesurant 7 à 8^{cm} de longueur sur $3^{cm},5$ de hauteur et rentrant dans la famille des Unionidés (*Unio* ou *Anodonta*).

3. Les plantes fossiles recueillies à la Vallée Heureuse permettent de fixer l'âge des sédiments qui remplissent la poche de dissolution. En effet, le genre *Danaeopsis* est fréquent dans le Keuper et le Rhétien (en particulier *D. marantacea* se trouve dans ces deux étages); l'espèce *Ctenopteris cycadea* est commune dans le Rhétien et l'Hettangien; quant au genre *Todites*, il débute au Keuper pour s'éteindre au Jurassique; enfin le genre *Cladophlebis* est abondant dans le Rhétien et assez fréquent jusqu'au Crétacé. Donc le Rhétien est l'époque commune à toutes ces plantes et par suite le remplissage de la poche de dissolution est de cet âge.

4. Dans la carrière de Basse-Normandie, voisine de la précédente, nous avons repéré quelques poches argileuses, longues de plusieurs dizaines de mètres, orientées de la même façon que celle de la Vallée Heureuse et situées également dans le calcaire Viséen. Ces poches ne sont pas encore atteintes par l'exploitation. Elles sont décelées simplement par leurs parties supérieures argileuses qui ont été partiellement mises à jour par suite de l'enlèvement des sédiments recouvrant le calcaire Viséen. Ici, elles étaient surmontées par les sables d'Hidrequent (épaisseur $0^{m},75$ à $1^{m},50$) ayant pour couche sus-jacente les calcaires marneux à *Ostrea Sowerbyi* du Bathonien inférieur. Il ne fait aucun doute que le remplissage de ces poches se soit effectué en même temps et de la même façon que celui de la poche étudiée précédemment. Par suite, puisqu'elles sont recouvertes par des sédiments bathoniens, l'âge de ces lapiez, phénomène de corrosion lié à l'existence de ces

poches, est certainement pré-jurassique moyen. Cette constatation confirme les conclusions auxquelles MM. J. Danzé et P. Renault étaient arrivés au moyen d'autres arguments.

5. Mais la présence, dans les poches de dissolution, de sédiments d'eau douce bien datés par des plantes fossiles et d'âge rhétien, nous permet de fixer d'une façon précise, l'époque de leur formation et en conséquence l'âge des lapiez. En effet, d'une part ces accidents sont anté-rhétiens, puisque leur remplissage est rhétien. D'autre part, par suite de la structure du massif paléozoïque du Bas-Boulonnais et de sa tectonique (phase orogénique asturienne), la période d'émersion de ce massif est post-carbonifère. Les divers phénomènes de corrosion, qui, dans le Bas-Boulonnais, ont donné naissance aux lapiez et aux poches de dissolution datent donc du Permo-Trias.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Embryologie des Scrofulariacées. Développement de l'albumen chez les* Nemesia. Note de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

Chez le *Nemesia melissæfolia* Benth., l'haustorium chalazien fait défaut. L'haustorium micropylaire, isolé dès le premier cloisonnement de l'albumen, est unicellulaire et uninucléé. C'est la première Scrofulariacée où l'on assiste à une réduction si poussée de l'appareil haustorial. La phylogénie tirera certainement des renseignements utiles des variations importantes que l'on observe en cette matière.

Au moment de la fécondation, le sac embryonnaire du *N. melissæfolia* Benth. présente une chambre chalazienne et une chambre micropylaire. Autour de la chambre chalazienne, l'assise interne du tégument conserve les apparences d'un épithélium; c'est l'assise nourricière ou tapis, dont la présence semble générale chez les Scrofulariacées. Le premier cloisonnement de l'albumen est transversal : il isole une cellule chalazienne *cc* et une cellule micropylaire *cm* (*fig.* 1). La cellule chalazienne, entourée par le tapis, est la cellule mère de l'albumen proprement dit; elle se divise d'abord en deux (*fig.* 2), puis quatre cellules (*fig.* 3) juxtaposées. Des segmentations transversales font apparaître plusieurs étages quadricellulaires, puis les segmentations ont lieu dans des sens variables. Dans les albumens déjà bien développés, quelques éléments, situés vers la chalaze, fixent les colorants avec plus d'intensité; ils ne peuvent pas être confondus avec les formations haustoriales qui apparaissent chez les autres Scrofulariacées; leur origine est tardive et mal définie, leur destinée est différente : ils entrent en effet, avec les éléments voisins, dans l'édification de l'albumen proprement dit. La cellule micropylaire, isolée lors du premier cloisonnement de l'albumen, demeure assez longtemps uninucléée (*fig.* 1, 2, 3 et 4), puis comprend deux (*fig.* 6) et parfois même plus de deux noyaux. L'état plurinucléaire provient selon toute vrai-

semblance d'une fragmentation; il est, en tout cas, transitoire et, dans les albumens assez âgés, l'haustorium apparaît à nouveau uninucléé (*fig.* 7 et 8).

Dans une espèce voisine, le *N. floribunda* Lehm., j'ai pu constater une similitude parfaite en ce qui concerne l'absence de l'haustorium chalazien et l'existence d'un haustorium micropylaire unicellulaire et uninucléé.

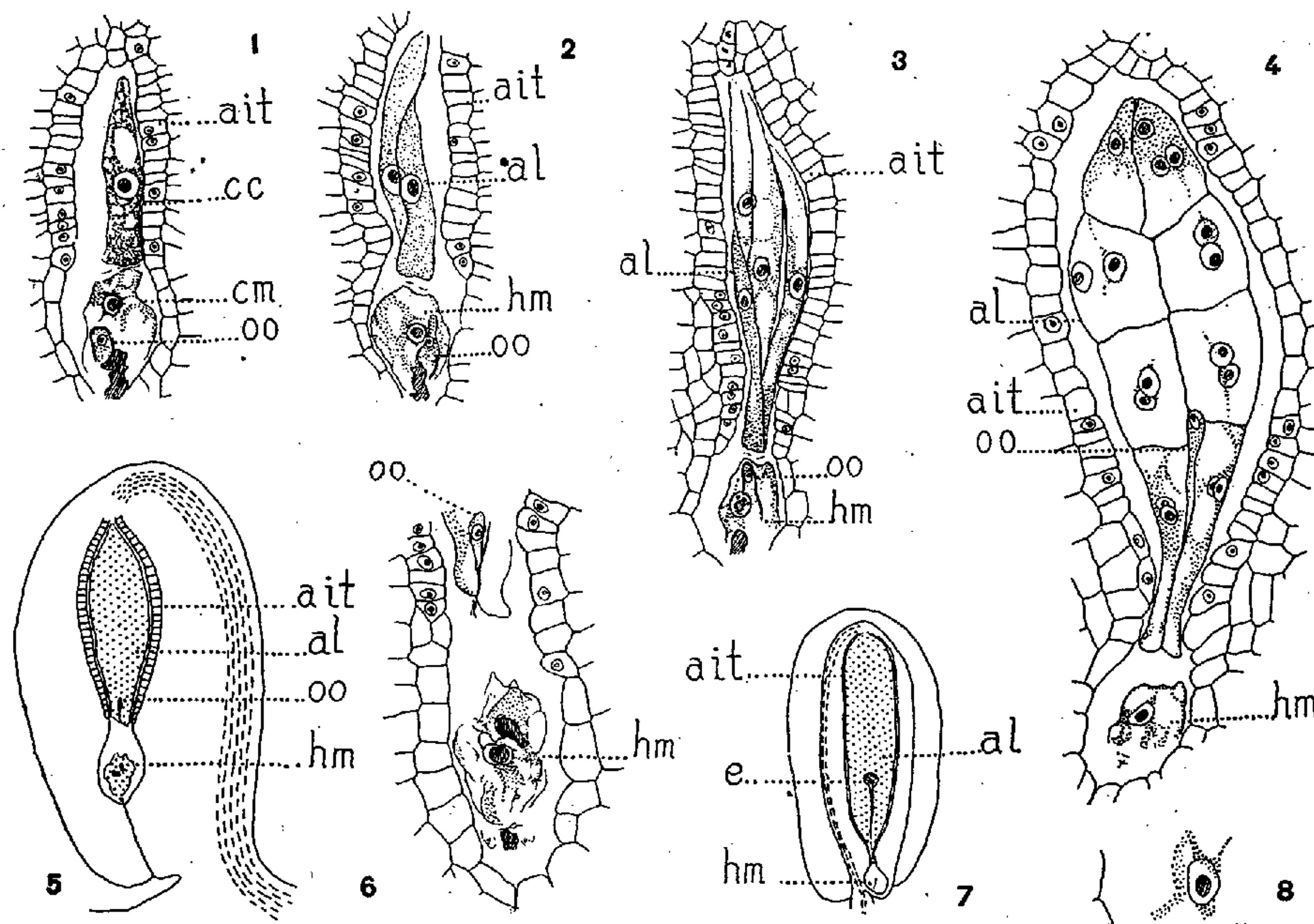


Fig. 1 à 8. — *Nemesia melissæfolia* Benth. — Les principaux termes du développement de l'albumen. En 1, 2, 3 et 4, premiers cloisonnements de l'albumen; en 5, coupe longitudinale schématique de l'ovule dont l'haustorium micropylaire figure fortement grossi en 6; en 7, coupe longitudinale schématique d'un ovule plus âgé; l'haustorium micropylaire ne contient plus qu'un noyau qui figure, isolé, en 8. *ait*, assise épithéliale interne du tégument; *cc*, cellule chalazienne et *cm*, cellule micropylaire, isolées lors du premier cloisonnement de l'albumen; *al*, albumen proprement dit; *hm*, haustorium micropylaire; *oo*, oospore; *e*, embryon. G. : 250 de 1 à 4; 370 en 6 et en 8; 125 en 5; 25 en 7.

Les *Nemesia* sont classés par R. von Wettstein ([1]) chez les Antirrhinoïdées-Antirrhinées, parmi lesquelles les *Linaria* ont déjà été l'objet d'études embryologiques ([2]). Les *Linaria* diffèrent fondamentalement des *Nemesia*, puisqu'ils possèdent à la fois un haustorium chalazien binucléé et un haustorium micropylaire tétracellulaire. Chez les *Nemesia*, si l'on tient compte non plus de l'emplacement des haustoriums, mais de leur ordre habituel d'apparition, l'haustorium micropylaire peut être comparé à l'haustorium chalazien des autres Scrofulariacées. Des conditions particulières à ce genre font que la cellule se différencie à l'opposé, dans la chambre micropylaire. Plus tard,

---

([1]) ENGL. et PRANTL, *Pflanzenfamilien*, 4, 1895, 3*b*, p. 40.

([2]) D. J. PERSIDSKY, *Bull. Jard. bot. Kieff*, 17, 1934, p. 11.

quand la cellule chalazienne a donné deux étages de quatre cellules, stade où se différencie habituellement un second haustorium, c'est la position anormale de l'étage qui en interdit probablement la formation.

Le développement de l'albumen chez les Scrofulariacées et, probablement, chez toutes les Gamopétales, est assurément loin de nous être connu encore dans ses diverses modalités. Des recherches futures nous apporteront des renseignements qui nous permettront d'établir sur des bases solides la filiation des genres et, peut-être, même celle des familles. Plusieurs tentatives ont été faites de nos jours, mais elles sont prématurées dans l'état de nos connaissances.

MYCOLOGIE. — *Phycomycètes marins parasites de Diatomées et d'Algues.* Note de M. **Anwar Abdel Aleem**, présentée par M. Roger Heim.

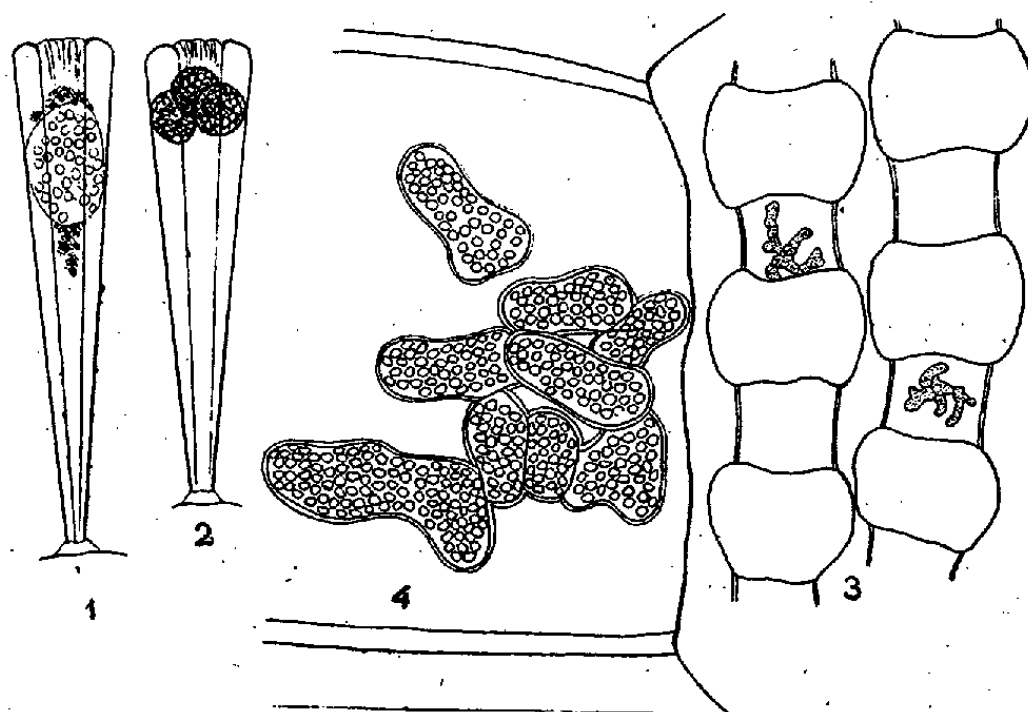
L'étude, entreprise au Laboratoire Arago à Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales), de Diatomées et d'Algues marines, m'a révélé la présence d'un certain nombre de Champignons parasites appartenant pour la plupart aux Phycomycètes. Nos connaissances sur les Champignons qui vivent et se reproduisent dans la mer sont restreintes et jusqu'ici peu d'espèces ont été signalées dans la Méditerranée : depuis de Bruyne ([1]), qui a décrit quelques Monadines et Chytridiales parasites d'Algues du Golfe de Naples, les données sur les Phycomycètes méditerranéens demeurent fragmentaires.

Dans la région de Banyuls, le plus commun de ces parasites paraît être *Ectrogella perforans* Petersen, qui attaque à divers degrés les Diatomées suivantes : *Licmophora* spp., *Striatella unipunctata*, *Podocystis adriatica* et, probablement aussi, *Thalassionema nitzschioides*. Ce Champignon digère les chromatophores des cellules des Diatomées infestées, laissant à sa périphérie un résidu rougeâtre, et se transforme finalement en un sporange (*fig.* 1) contenant plusieurs petites zoospores arrondies. Ces zoospores sont rejetées à l'extérieur de la cellule par un ou plusieurs tubes. Quelquefois, le Champignon s'enkyste à l'intérieur des cellules de la Diatomée sous forme d'une à trois spores durables à paroi assez épaisse (*fig.* 2). Les cellules des Diatomées parasitées de Banyuls n'accusent aucune hypertrophie, alors que celle-ci fut fréquemment constatée par moi-même, en avril et en juillet à Kristineberg (côte occidentale de la Suède).

Les Diatomées infestées de Banyuls, surtout celles du genre *Licmophora*, furent récoltées dans la zone littorale près du Laboratoire Arago, et aussi dans du matériel dragué sur des fonds rocheux, à une profondeur de 25 à 30^{m}.

([1]) H. de Bruyne, *Arch. Biol.*, 10, 1890, p. 85.

J'ai également trouvé le parasite dans plusieurs cellules de *Licmophora abbreviata* et *Striatella unipunctata* vivant dans des eaux saumâtres peu profondes, à Salses (Pyrénées-Orientales). Ce dernier habitat est intéressant, car il montre la possibilité, pour ce Champignon, de vivre dans des conditions différentes de salinité et de température. La salinité de l'eau, à Salses, où le Champignon fut découvert, est d'environ 20 ‰ (salinité totale, station I de G. Petit), par opposition à celle de la mer à Banyuls, qui atteint 37 à 38 ‰.



1. Sporange de *Ectrogella perforans* Petersen, à l'intérieur d'une cellule de *Licmophora abbreviata*, prise à 25-30 mètres de profondeur à Banyuls; × 333. — 2. Spores durables du parasite à l'intérieur de *Licmophora*; × 333. — 3. Thalles de *Pontisma lagenidioides* Petersen, dans les cellules internodales de *Ceramium diaphanum* de Salses; × 50. — 4. Sporanges mûrs de *Pontisma lagenidioides*; × 333.

En ce qui concerne la répartition géographique de ce Champignon, notons qu'il est signalé comme existant des deux côtés de l'Atlantique, alors que pour la Méditerranée une autre espèce : *Ectrogella licmophoræ* Scherffel, a été décrite de l'Adriatique à Rovigno ([2]). Il semble cependant, comme l'a également suggéré Sparrow ([3]), que cette dernière forme est *Ectrogella perforans* Petersen.

Une autre intéressante espèce inconnue auparavant dans la Méditerranée, est *Pontisma lagenidioides* Petersen, qui fut trouvée à l'intérieur de *Ceramium diaphanum* provenant également de Salses. Ce Champignon (*fig.* 3 et 4) se trouve dans les cellules internodales de *Ceramium* où il vit près du niveau de l'eau. Il se rencontre dans des exemplaires fraîchement récoltés, mais semble s'étendre assez rapidement à des cellules indemnes, si l'on conserve les algues dans des bacs, au Laboratoire, pendant quelques jours. Le thalle de *P. lageni-*

([2]) A. Scherffel, *Arch. f. Protist.*, 52, 1925, p. 10.
([3]) F. K. Sparrow, *Biol. Bull.*, 70, 1936, p. 260.

dioides se divise en plusieurs parties plus ou moins tubulaires qui forment les sporanges. Le contenu de ceux-ci subit un processus de vacuolisation et de division en vue de former les zoospores.

Parmi les Algues qui sont les plus sujettes à être infestées par d'autres Chytridiales, à Banyuls, citons des espèces des genres : *Bryopsis, Pseudobryopsis, Ectocarpus, Acrochætium, Ceramium, Polysiphonia, Antithamnion, Callithamnion.* Parmi les Diatomées autres que celles mentionnées ci-dessus, figurent des espèces de *Synedra, Cocconeis* et *Melosira* qui sont également infestées par des Chytridiales.

Bien que le nombre d'espèces de Phycomycètes marins connues jusqu'ici soit faible, ceux-ci semblent être très répandus dans les mers tempérées et froides, et se rencontrent pendant toute l'année, aussi bien dans la zone littorale que dans la zone profonde. Il est également prouvé que ces espèces existent dans le plancton où elles mènent une vie parasitaire ou saprophytique, contribuant ainsi à la décomposition de la matière organique. Il arrive même parfois que ces attaques par les Champignons soient si sévères qu'elles causent une disparition rapide de l'hôte dans la localité ([4]).

PHYSIOLOGIE. — *La myographie analytique chez l'Homme.*
Note de M. **Paul Delmas-Marsalet**, présentée par M. Léon Binet.

La *myographie analytique* consiste à provoquer, au même moment, dans un muscle humain une contraction tonique prolongée à laquelle on superpose des contractions cloniques intermittentes. On découvre ainsi une *loi des sommets* qui montre bien que le muscle strié ne possède qu'un seul appareil contractile capable de répondre aussi bien toniquement que cloniquement. Cette technique, jointe à la *pharmacodynamie retard locale* déjà décrite par l'auteur, forme une méthodologie nouvelle extrêmement fructueuse pour l'étude du muscle strié normal et pathologique.

La myographie humaine classique, isométrique ou isomérique, donne une forme de la contraction musculaire où les activités clonique et tonique se fondent l'une dans l'autre : nous la qualifierons de *myographie synthétique*.

La forme du myogramme synthétique est variable et infidèle; dans certaines hypertonies importantes (maladie de Parkinson) elle peut se réduire à la seule activité clonique, la tonique étant entièrement absorbée par l'hypertonie préexistante.

1. Notre méthode de *myographie analytique* ne présente plus ces inconvénients; on peut la résumer ainsi :

a. On peut obtenir, chez l'Homme, une contraction tonique pure, retardée, lente et prolongée avec un courant galvanique de 10 à 20 mA qu'un jeu de selfs

([4]) A. A. Aleem, *Nature*, 165, 1950, p. 119.

et de condensateurs établit progressivement en 1 à 3 secondes, puis maintient fixe le même temps et ramène au zéro en un temps égal.

On trouve, ainsi, un certain courant trapézoïdal qui déclenche chez l'Homme une contraction tonique pure maximum.

b. On cherche alors la valeur convenable que doivent avoir des chocs faradiques isolés et espacés pour donner le myogramme maximum du muscle exploré, c'est-à-dire pour réaliser le recrutement de tous les myomes : cela est obtenu avec un thyratron.

c. Pendant cette série de chocs faradiques régulièrement répétés, on développe dans le muscle une contraction tonique soutenue comme il a été dit en *a*.

d. On constate alors que les sommets des contractions faradiques restent toujours à la même hauteur, que ces contractions se produisent avant toute activité tonique, ou pendant, ou après cette mise en tonicité du muscle.

e. Cette *loi des sommets* peut s'énoncer ainsi : la contraction maximum du muscle strié peut être obtenue soit cloniquement (chocs faradiques seuls), soit par addition d'une contraction clonique à une contraction tonique. Force est donc d'admettre que le même élément anatomique qui réagit cloniquement est également capable de se contracter toniquement avec certaines formes de courant. Si N désigne le nombre total des myomes activables d'un muscle, on a l'équation fondamentale

$$\text{N(myomes activables)} = (n' \text{ myomes en tonicité}) + (n'' \text{ myomes en clonicité}).$$

Il n'y a pas de dualisme anatomique du muscle strié.

2. Cette interprétation est triplement vérifiée car :

a. Si tous les myomes sont recrutés cloniquement par un tétanos faradique parfait et maximum, une excitation par le courant tonigène ne donne aucune réponse supplémentaire.

b. Si tous les myomes sont recrutés toniquement par le courant galvanique progressif (dans le cas favorable de myotonie), les chocs faradiques sont inefficaces.

c. Si les recrutements cloniques ou toniques sont incomplets, ils peuvent être complétés par l'autre forme d'activité du muscle.

Dans ces trois cas, la hauteur maximum du myogramme est la même et peut être obtenue : 1° par le seul mode clonique; 2° par le seul mode tonique; 3° par addition des deux modes.

3. La myographie analytique permet de saisir immédiatement les aptitudes toniques et cloniques d'un muscle strié normal ou pathologique. La forme des ondes cloniques superposées à une activité tonique connue éclaire les aspects variables des myogrammes synthétiques. Dans le cas d'altération dégénérative du muscle, la loi des sommets ne joue plus.

4. En combinant la myographie analytique avec notre méthode de *pharmacodynamie retard locale du muscle strié* [1], il est facile de révéler l'action de diverses drogues, en particulier les anti-parkinsoniens de synthèse étudiés par nous.

5. Myographie analytique et pharmacodynamie-retard locale du muscle strié humain constituent une méthodologie nouvelle qui justifie l'ouvrage que nous lui consacrons actuellement.

ZOOLOGIE. — *Étude expérimentale des facteurs du changement de sexe chez* Anilocra physodes (*Crustacé, Isopode, Cymothoïdé*). Note (*) de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'étude statistique de la croissance de l'Isopode parasite *Anilocra physodes* m'a permis d'établir que, chez cette espèce qui présente un hermaphrodisme protandrique, le point de transition entre la phase mâle et la phase femelle est beaucoup plus précoce que ne le pensait G. Montalenti (1941). Ce point de transition correspond en moyenne à l'acquisition de la taille de $1^{cm},35$. L'anatomie comparée des individus fixés isolément sur un hôte et des mâles appariés de taille supérieure à $1^{cm},35$ montre nettement d'autre part que la transformation en femelle intervient graduellement chez les premiers, tandis qu'elle est considérablement ralentie chez les seconds, au profit d'une prolongation de la phase mâle.

Ces résultats suggéraient l'existence d'une influence exercée par le conjoint femelle sur l'individu au terme de sa phase mâle situé à son voisinage immédiat.

La confirmation expérimentale de cette hypothèse a été entreprise à la Station biologique de Roscoff, où j'ai pu élever en aquarium les poissons-hôtes. Une premiére série d'expériences, mise en train en juillet 1949, a porté sur 14 couples d'*Anilocra physodes* parasitant des Labridés. Ces couples, récoltés tels, étaient composés de femelles de taille supérieure à $2^{cm},2$ et de mâles dont la taille s'échelonnait de 1,30 à $1^{cm},60$.

7 couples ont été conservés en élevage sur les Labridés qui les portaient. Les 7 autres couples ont été disjoints par prélèvement de la femelle, le mâle étant laissé solitaire sur son hôte. Les élevages ont été interrompus le 5 octobre et les parasites examinés du point de vue morphologique.

Un critère commode pour caractériser l'étape de croissance d'un individu est fourni par l'*indice de féminité i*: = largeur du péréion/longueur totale, défini par G. Montalenti. J'ai établi statistiquement que cet indice oscille entre 29 et 33 chez les mâles, entre 34 et 41 pendant l'étape intermédiaire et de 42 à 50 chez les femelles.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.* (Bordeaux), 143, 1949, p. 388.

(*) Séance du 2 octobre 1950.

1° Sur les sept couples conservés tels, quatre seulement subsistaient. Les mâles appariés offraient les caractéristiques suivantes : taille comprise entre $1^{cm},69$ et $2^{cm},07$; i compris entre 29,8 et 33,2; *appendix masculina* et apophyses génitales parfaitement développés. Tous nageaient activement sur le dos. *Ces caractères permettent de les assimiler aux individus présentant une prolongation de la phase mâle.*

2° Des sept mâles rendus solitaires, six d'entre eux étaient restés tels. Leur taille oscillait entre $1^{cm},85$ et 2^{cm}; leur indice de féminité présentait les valeurs suivantes : 37,2, 35,9, 35,8, 35,5, 34,9, 33,5. Tous nageaient très lentement sur le dos sans quitter le fond de l'aquarium. Les *appendix masculina* étaient encore bien développés, mais les apophyses génitales étaient plus ou moins réduites. *Ces caractères permettent de classer ces individus dans l'étape intermédiaire, assimilable à une étape de prépuberté femelle.*

3° Au côté du septième mâle était venue se fixer, le 10 août, une jeune larve qui, au mois d'octobre, était en pleine phase mâle (taille $1^{cm},15$). Son conjoint présentait alors les caractères suivants : taille $1^{cm},95$; $i = 39,2$; apophyses génitales disparues; *appendix masculina* réduit. Cet individu était de plus incapable de nager. *Tous ces caractères montrent qu'il est beaucoup plus avancé dans la voie de sa transformation femelle que les six autres mâles demeurés isolés.*

Des expériences analogues ont été poursuivies d'octobre 1949 à mai 1950. Malgré une forte mortalité j'ai pu retrouver les résultats précédents :

1° Un mâle de $1^{cm},70$, apparié expérimentalement avec une femelle de $2^{cm},70$ mesurait, le 2 mai 1950, $2^{cm},03$ avec 31,5 comme indice de féminité. Apophyses génitales et *appendix masculina* étaient parfaitement normaux. Un résultat analogue a été obtenu avec un mâle mesurant $1^{cm},25$ en octobre et $1^{cm},70$ le 16 mai. L'appariage de ces individus a nettement déterminé une prolongation de la phase mâle, ce qui confirme les résultats de l'expérience I.

2° Un mâle, conservé apparié de juillet à octobre et mesurant à cette date $1^{cm},69$, a été privé de sa femelle et élevé ainsi jusqu'au 29 mars. Il offrait alors les caractéristiques suivantes : taille $1^{cm},82$; $i = 36,2$. Ses caractères sont bien ceux d'un individu intermédiaire, ce qui confirme les résultats de l'expérience 2.

Un mâle, rendu solitaire en juillet et présentant en octobre un état intermédiaire (taille : $2^{cm},15$; $i = 37,2$), a été conservé tel jusqu'au 2 février.

Il présentait alors les caractéristiques suivantes : $2^{cm},42$; $i = 37,6$. L'état intermédiaire a donc persisté, ce qui confirme la réalité de cette étape de la croissance qui s'échelonne sur deux intermues au moins.

Il est probable, comme l'a suggéré Montalenti, que l'hermaphrodisme d'*Anilocra physodes* résulte de la constitution génétique de cette espèce et que le passage de la phase mâle à la phase femelle est réglé par un mécanisme du même ordre. Cette phase de transition, par les transformations physiologiques profondes qu'elle implique, constitue une phase critique, au cours de laquelle l'action de facteurs externes peut être prédominante. Les expériences précédentes viennent confirmer qu'*au premier rang de ces facteurs externes il faut placer l'influence exercée l'un sur l'autre par deux conjoints placés côte à côte sur un hôte.* Le voisinage d'une femelle prolonge l'état mâle du conjoint, ce qui ralentit la transformation de ce dernier en femelle. Réciproquement la trans-

formation d'un individu intermédiaire en femelle semble accélérée par la présence d'un mâle.

Il est possible de concevoir que cette influence s'exerce par la voie sensorielle et qu'elle est comparable à l'effet de groupe, dont l'action directe sur les gonades, ou indirecte par l'intermédiaire d'une action sur le métabolisme, offre déjà de nombreux exemples connus.

GÉNÉTIQUE. — *Sur le* démasquage *du génotype des souches* s^s *de* Podospora anserina. Note de M. **Georges Rizet** et Mlle **Geneviève Sichler**, présentée par M. Roger Heim.

Les souches s^s se transforment en souches s, soit spontanément au bout d'un temps très variable et après une multiplication végétative plus ou moins intense, soit lorsqu'elles sont cultivées au contact de souches s; dans ce cas, la transformation débute immédiatement. Dans les deux cas, la modification est irréversible et, une fois commencée, s'étend rapidement à l'ensemble de la culture qui en est le siège.

Des expériences récemment décrites (1) (2) ont montré que le *camouflage* du génotype des souches s^s peut être durable, aussi bien au cours de la multiplication végétative des souches, qu'à travers leur reproduction sexuelle (croisements $s^s \times s^s$ successifs). Nous analyserons maintenant les modalités du phénomène inverse déjà signalé (2), que nous qualifierons de *démasquage*.

a. Lorsqu'on croise une souche s^s avec une souche s, la F_1 entière est de caractère s. Le fait qu'aucune ségrégation ne soit observée confirme l'idée que s et s^s ont même génotype. Le fait que cette descendance soit s et non s^s peut permettre de pousser encore plus loin le rapprochement que nous avions fait avec le comportement de certaines plantes auto-incompatibles (1) : le croisement $s \times s^s$ est en effet à comparer à celui qui, chez ces plantes, conduit à l'obtention des homozygotes récessifs.

Un tel résultat montre que l'on peut obtenir régulièrement et immédiatement le *démasquage* du génotype des souches s^s. Il pourrait laisser supposer que les phénomènes de fécondation ou de méiose qui s'opèrent dans l'asque jouent un rôle particulier dans le déterminisme du *démasquage*. Il n'en est cependant rien. En effet, lorsque dans une confrontation de deux souches de *signes* différents, l'une s, l'autre s^s, entre le moment de la rencontre des deux mycéliums et le début de la formation des périthèces, on fait des prises de mycélium sur la souche s^s, près de la ligne de contact, et qu'on teste les nouvelles souches établies à partir de ces prises, on vérifie régulièrement qu'elles ne sont pas s^s,

(1) G. Rizet et G. Delannoy, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 588.
(2) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 630.

mais *s*. De nouvelles prises, effectuées périodiquement à des distances variées de la ligne de contact, montrent que le *démasquage* est graduel et avance d'environ 1^{cm} par jour, à partir de cette ligne. Le même phénomène s'observe d'ailleurs avec des souches autofertiles ou autostériles de même *signe* ([3]).

Si l'on sème sur le pourtour d'une même boîte de Pétri des souches S, s et s^S, on observe évidemment un *barrage* sur la ligne de contact S/s; on observe aussi, lorsque les semis s et s^S sont faits assez près l'un de l'autre, un *barrage* partiel (ayant pour point de départ la jonction entre les trois souches) ou total sur la ligne S/s^S. La longueur de ce *barrage* est d'autant plus grande que la distance entre les deux semis est plus faible.

Les diverses expériences réalisées jusqu'ici semblent suggérer que le *démasquage* ne se produit que lorsqu'il y a contact entre les mycéliums intéressés ([4]). Il n'est pas démontré cependant que le phénomène soit subordonné à la formation d'anastomoses.

b. En dehors de ces transformations induites, nous avons observé également des transformations analogues spontanées. Lorsqu'on réalise plusieurs tests (confrontations avec S) avec des semis prélevés dans une même culture s^S, il arrive que l'un montre un *barrage* ou une fraction de *barrage* se présentant comme une variation sectoriale; des vérifications permettent le plus souvent de conclure que la variation s'est produite au cours du test lui-même. De telles variations sont relativement rares; ainsi, sur 500 tests réalisés à partir de 5 souches s^S, on a observé deux *barrages* totaux et six *barrages* partiels; leur fréquence ne subit apparemment pas de variations importantes et aucun indice sérieux ne traduit une augmentation des transformations chez les souches s^S issues des croisements $s^S \times s^S$ successifs. Elles peuvent se produire chez des souches d'âge quelconque.

La formation de *barrages* dans plusieurs des tests réalisés simultanément à partir d'une même culture s^S témoigne généralement d'un commencement de *démasquage* au sein de la souche elle-même, car, le plus souvent, les tests ultérieurs fournissent tous des *barrages*; à ce moment, la transformation de la souche est totale et définitive. Il n'est pas rare non plus qu'un croisement que l'on croit $s^S \times s^S$ fournisse une descendance, non s^S, mais s, les descendances mixtes étant rares. Les vérifications opérées et les expériences citées plus haut permettent d'interpréter facilement ces phénomènes. Ce sont des manifestations du fait que, lorsqu'une variation apparaît dans une culture, elle fait *tache d'huile* et conduit rapidement à la transformation complète de celle-ci.

([3]) Les deux mycéliums se développant dans la même culture, nous avons dû vérifier, évidemment, en utilisant des gènes marqueurs, qu'il s'agissait réellement d'une transformation de la souche s^S.

([4]) Dans le cas des confrontations entre S et s, aucune transformation de la souche s n'a pu être mise en évidence jusqu'à maintenant.

Il résulte évidemment de tous ces faits, qu'en dehors de l'intervention d'une sélection, toutes les souches s^{S} se transforment nécessairement en souches s, à la suite d'une multiplication végétative suffisamment prolongée; mais cette transformation s'opère selon des modalités bien différentes de celles que l'on pouvait prévoir. Aucune variation progressive ne s'observe. Celles que l'on identifie se produisent au hasard dans le temps, et l'on peut parler de leur fréquence : ces caractères les rapprochent des mutations. Elles ne sont pas réversibles, ce qui permet de les comparer à certaines variations cytoplasmiques décrites chez les Levures ([5]).

Toutefois, le fait que l'apparition de ces variations entraîne rapidement la transformation totale de la culture qui en est le siège, par une sorte d'induction à travers l'ensemble du mycélium, en fait un phénomène tout à fait original dont l'interprétation requiert des données supplémentaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Comportement spectrophotométrique de la bilirubine et de ses complexes dans les milieux biologiques.* Note (*) de MM. **Henri Benard, Michel Polonovski, Alfred Gajdos, Roland Bourrillon** et Mlle **Marguerite Tissier**, présentée par M. Maurice Javillier.

La bilirubine, en solution aqueuse, tamponnée à pH 7,35, présente, au spectrophotomètre de Beckmann, une courbe d'absorption en cloche caractérisée par un maximum à $430^{m\mu}$ alors que ce dernier se situe à $460^{m\mu}$ dans un sérum d'ictère hémolytique et seulement à $420^{m\mu}$ dans les urines ictériques. Si l'on additionne des protéines plasmatiques à une solution de bilirubinate à pH 7,35, le maximum se déplace aussi de 430 à $460^{m\mu}$; de même si on les ajoute à une urine *artificiellement* chargée de bilirubine. Au contraire, aucune modification dans l'allure de la courbe d'absorption ne se produit si ces protéines sont ajoutées à une urine *naturellement* ictérique. La bilirubine ne s'y trouve donc pas à l'état libre, mais à l'état de complexe comme dans les autres milieux biologiques, bile comprise.

La bile vésiculaire et la bile hépatique se comportent à cet égard différemment : la première présente une courbe d'absorption avec deux maxima, le principal vers $415\text{-}420^{m\mu}$, l'autre à $450^{m\mu}$, tandis que la bile hépatique recueillie par fistule (chez le Chien) a son maximum principal à $450^{m\mu}$, et d'autant plus marqué par rapport au ressaut de $420^{m\mu}$ que la bile est recueillie plus tardivement après une injection cholagogue d'hémoglobine. Mais si l'on abandonne à elle-même une telle bile hépatique durant 48 heures, le maximum initialement

([5]) S. Y. Chen, B. Ephrussi et H. Hottinguer, *Heredity* (sous presse).

(*) Séance du 2 octobre 1950.

à $450^{m\mu}$, passe à $420^{m\mu}$. Cette transformation s'opère encore plus rapidement par simple ébullition de la solution alcoolique de bile (après centrifugation du précipité protidique).

Nous avons poursuivi l'étude de ces phénomènes spectrographiques par un essai de séparation des complexes bilirubiniques. En ajoutant à la bile vésiculaire de Chien deux à trois volumes d'alcool, on obtient un précipité granuleux jaune foncé, soluble seulement en milieu alcalin, contenant 12 % d'azote, en majeure partie protidique, et donnant les réactions des sels et des pigments biliaires. Le maximum d'absorption de ses solutions se situe vers $440^{m\mu}$. Si l'on utilise au contraire deux à trois volumes d'acétone, le précipité lavé à l'alcool bouillant abandonne à ce solvant un complexe bilirubinique collant aux parois, soluble dans le chloroforme, pauvre en azote (2 %), contenant du phosphore (0,2 %). Son maximum d'absorption est à $420^{m\mu}$. Si l'on ajoute un grand excès d'acétone aux eaux mères, il se forme un deuxième précipité, aisément centrifugeable, très soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans le benzène et le chloroforme, pauvre en azote (2,3 %), donnant également les réactions des sels biliaires et paraissant contenir la majeure partie de la bilirubine totale de la bile. La courbe d'absorption de ces solutions se superpose à celle de la bile vésiculaire initiale.

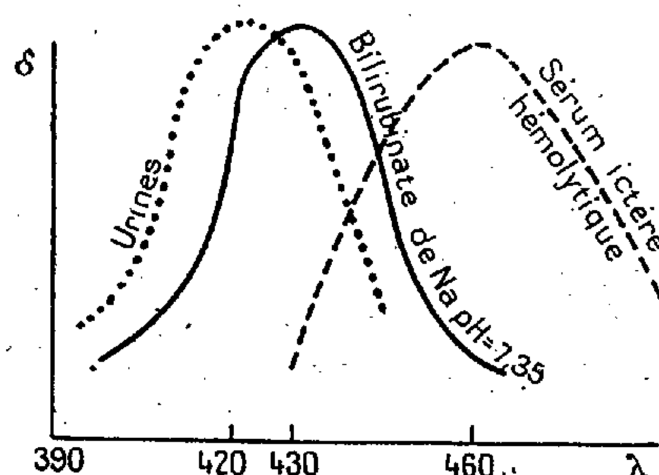


Fig. 1.

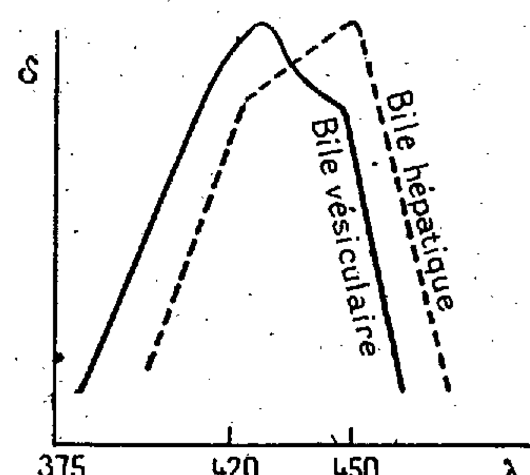


Fig. 2.

Dans la bile hépatique le premier précipité acétonique ne diffère pas du premier précipité alcoolique protidique; le second précipité obtenu par un excès d'acétone (10 volumes), très soluble dans l'eau, a sa courbe d'absorption calquée sur celle de la bile hépatique initiale.

Ces deux précipités acétoniques se retrouvent également dans les urines ictériques : le premier (par quatre volumes d'acétone), granuleux, soluble dans l'eau alcaline, a son maximum d'absorption à $410^{m\mu}$, tandis que le deuxième, très soluble dans l'eau, renfermant des sels biliaires associés à la bilirubine, présente un maximum à $420^{m\mu}$.

Tout se passe donc comme si la bilirubine, cénapsée aux sels biliaires, formait un complexe (maximum $420^{m\mu}$), peu soluble dans l'acétone, qu'on

retrouve dans la bile vésiculaire, dans la bile hépatique après vieillissement, ou dans l'urine ictérique, alors que ce complexe se trouverait lui-même uni à des lipides (et des phosphatides) dans la bile hépatique initiale (maximum 450$^{m\mu}$).

Dans le plasma sanguin des ictériques par rétention, on retrouve, après élimination des protéines, par addition de quatre volumes d'acétone, le deuxième précipité acétonique soluble dans l'eau, et de maximum à 440-450$^{m\mu}$. Si d'ailleurs on ajoute à un sérum normal une solution du deuxième précipité acétonique de la bile ou de l'urine, le sérum se comporte exactement comme un sérum d'ictère par rétention : réaction directe d'Hymans van den Bergh, impossibilité d'extraire le pigment par le benzène, floculat protidique coloré en jaune par addition d'alcool et maxima d'absorption à 420 et 450$^{m\mu}$.

De la bile à l'urine, en passant par le plasma des ictériques, se retrouve donc un même complexe bilirubinique, et le pigment ne paraît à l'état libre dans aucun de ces milieux.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la chromatographie quantitative des acides aminés iodés radioactifs de la thyroglobuline marquée.* Note de MM. **Jean Roche**, **Marian Jutisz**, **Serge Lissitzky** et **Raymond Michel**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les acides aminés marqués par I^{131} ont été caractérisés dans les extraits thyroïdiens et leurs hydrolysats (1), (2), (3) par séparation chromatographique et obtention de radioautogrammes; le dosage de l'iode contenu dans les taches radioactives individualisées a permis d'en déterminer approximativement les quantités présentes. Les principaux résultats acquis par cette méthode sont la mise en évidence de la 3-monoiodotyrosine en tant que précurseur de la 3,5-diiodotyrosine et de la thyroxine (1), (2) et celle de traces des trois acides aminés iodés dans les acinis glandulaires (3). Néanmoins, l'hydrolyse barytique de petites quantités de thyroglobuline, nécessaire à la libération de ces corps par voie chimique (2), entraîne la désioduration d'une fraction importante de ceux-ci; aussi y avait-il intérêt à confirmer et étendre les observations faites au sujet de la monoiodotyrosine. De nombreux problèmes demeurent par ailleurs posés dans le même domaine et il nous a paru que leur étude ne pourrait être abordée que par une technique plus précise, et, si possible, plus simple. Voici celle que nous avons élaborée.

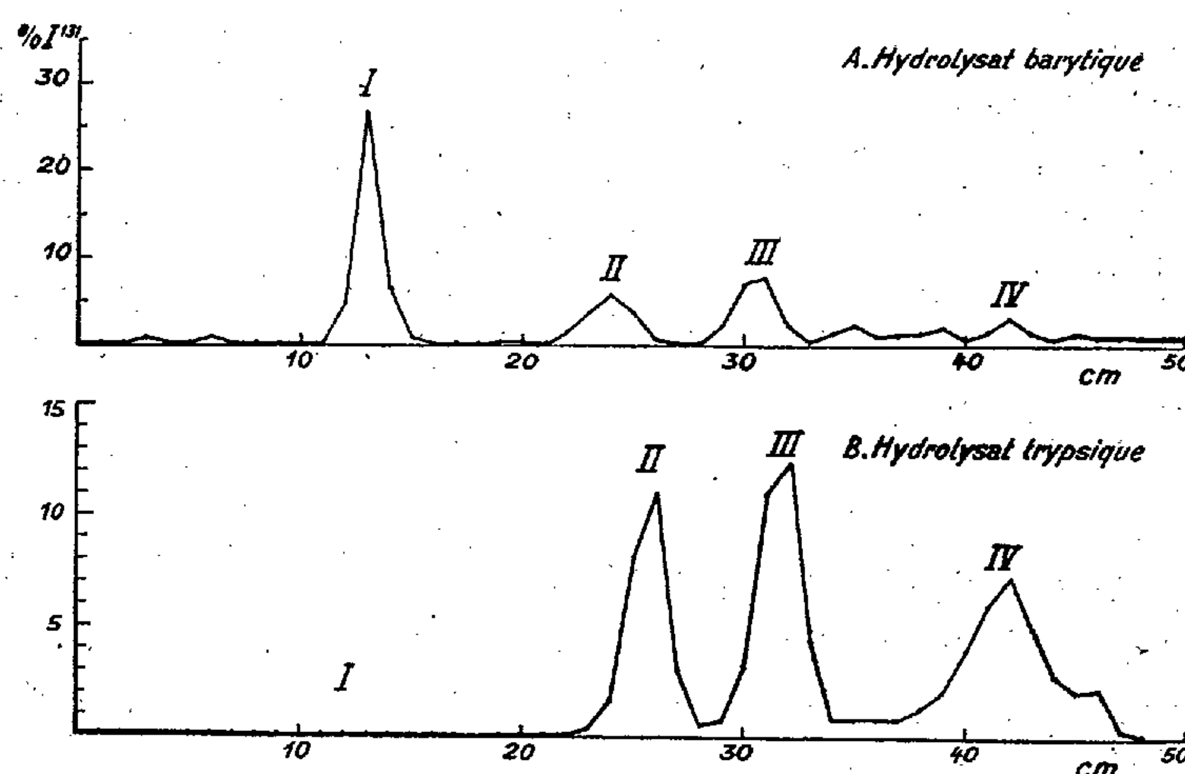
Principe. — On prépare un chromatogramme sur papier de la solution

(1) R. M. Fink, C. E. Dent et K. Fink, *Nature*, **160**, 1947, p. 801; R. M. Fink et K. Fink, *Science*, **108**, 1948, p. 358.

(2) A. Taurog, W. Tong et I. L. Chaikoff, *J. Biol. Chem.*, **184**, 1950, p. 83.

(3) J. Gross, C. P. Leblond, A. E. Franklin et J. H. Quastel, *Science*, **111**, 1950, p. 605.

à étudier et d'une solution de référence renfermant des corps iodés connus. On y révèle par des réactifs appropriés les constituants iodés afin de les identifier et de les repérer avec précision par rapport aux corps de référence. Le chromatogramme (50^cm^ de long) est alors découpé en bandes de 1^cm^ de large et l'on mesure au compteur de Geiger-Müller la radioactivité de chacune de celles-ci. Les résultats sont exprimés graphiquement (*fig.* 1) et les courbes



Radioactivité de chromatogrammes préparés à partir des hydrolysats barytique (A) et trypsique (B) de thyroglobuline de Porc marquée (I, iodures minéraux; II, monoiodotyrosine; III, diiodotyrosine; IV, thyroxine). Ordonnées : % de I^{131} de la prise d'essai. Abscisses : distance (cm) de l'origine du chromatogramme.

obtenues traduisent la radioactivité du chromatogramme en fonction de la distance à partir de l'origine. Ces courbes présentent une succession de clochers dont la position caractérise divers constituants iodés du mélange étudié, identiques à ceux repérés sur le chromatogramme de référence ou inconnus. L'aire des surfaces correspondant à la radioactivité de chacune des taches définit le taux relatif de chaque corps marqué présent.

Mode opératoire. — Des hydrolysats de 50^{mg} de tyroglobuline marquée de Porc ([4]) préparés par action, soit de 1$^{cm^3}$ $Ba(OH)_2$ à 8 % à 100° en tube scellé pendant 13 heures, soit de la trypsine à pH 8,4 et à 37° pendant 48 heures, ont été extraits à pH 1,0 par le butanol. Cette opération permet de séparer quantitativement les iodures et les acides aminés iodés libérés, auxquels on ajoute 0^{mg},2 de 3-monoiodotyrosine, 0^{mg},3 de 3,5-diiodotyrosine et de thyroxine pures destinées à servir de produits d'entraînement. Le résidu d'évaporation du butanol, repris par 1$^{cm^3}$,0 NH_4OH 2N est soumis à la chromatographie sur papier Whatmann n° 1 et traité selon le principe exposé plus haut [développement dans un mélange de 68 % de butanol, 5 % d'acide acétique et 27 % d'eau; révélation des acides aminés par une solution de 0,2 % de ninhydrine dans l'acide acétique à 2 % et des

([4]) J. Roche, O. Michel et R. Michel, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 506.

todures par un réactif à l'amidon ([5])]. Les R*f* enregistrés sont 0,20-0,21 pour INa, 0,51-0,54 pour la 3-monoiodotyrosine, 0,64-0,66 pour la 3,5-diiodotyrosine et 0,82 pour la thyroxine. La figure reproduit deux documents établis par cette méthode.

Nos résultats justifient les conclusions suivantes :

1. La méthode réalise la chromatographie quantitative de corps iodés radioactifs avec une précision satisfaisante. Elle permet l'étude des acides aminés iodés et de leurs combinaisons peptidiques, comme celle de la libération de ces corps au cours de l'hydrolyse de la thyroglobuline marquée.

2. La monoiodotyrosine est un constituant important de la thyroglobuline comme des gorgonines ([6]). Dans l'exemple cité, 24 % de l'iode radioactif des acides aminés libérés en 48 heures par la trypsine (absence d'iodures minéraux) appartiennent à la monoiodotyrosine. Ce fait est d'autant plus démonstratif que l'hydrolyse barytique ([2]) de la même protéine ne libère qu'une quantité moindre de monoiodotyrosine (15 % I^{131}), en même temps qu'elle décompose une fraction importante de la diiodotyrosine (présence de 39 % I^{131} à l'état d'iodures).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Ribonucléoprotéides de la levure de boulangerie.* Note de Mmes **Yvonne Khouvine** et **Huguette de Robichon-Szulmajster**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons extrait trois ribonucléoprotéides de la levure de boulangerie (Springer) et, après séparation des acides nucléiques, nous avons obtenu trois protéines. Nous ne donnerons ici que les grandes lignes des préparations et l'analyse des protéines.

Éclatement des cellules de levure. — Après séchage à l'acétone et à l'éther à froid, on broye 20^{g} de levure au moulin à galets pendant 48 heures. 90 % des cellules ont éclaté.

Extraction des nucléoprotéides. — On fait trois extractions successives par CO_3NaH à 2 °/₀₀, de pH 8,2, par agitation de 2 heures et contact de 24 heures (0°). On centrifuge et, pour chaque extraction, on fait des précipitations fractionnées à pH 4,96 et 4,35 avec CH_3COOH, et à pH 2,25 avec HCl. On n'obtient pas toujours de précipité à pH 4,96 avec la deuxième extraction. On purifie ces nucléoprotéides brutes en les redissolvant dans CO_3NaH à 2 °/₀₀ et en les reprécipitant par les acides. Celles qu'on a obtenues à pH 4,96 reprécipitent à 4,96 et à 4,35, les autres reprécipitent au pH auquel on les a obtenues. Au cours de ces redissolutions, N/P baisse

([5]) Ce réactif, à n'utiliser que sur la partie du chromatogramme renfermant des iodures, est constitué par empois d'amidon à 1 %, 2 parties; IO_3K à 1 %, 1 partie; SO_4H_2N, 1 partie.

([6]) J. Roche et M. Lafon, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 1200.

légèrement, tandis que ribose/P augmente un peu, puis les deux rapports restent constants. Il semble que des protéines (probablement non liées aux acides nucléiques) restent en solution; du phosphore se détache des nucléoprotéides et se retrouve sous forme de P minéral. Les rapports N/P sont voisins de 7 pour les nucléoprotéides qu'on obtient à 4,96, de 5 pour celles qu'on obtient à 4,35 et de 3,5 pour celles qu'on obtient à 2,25. Les rapports ribose/P varient entre 4 et 5.

Nous avons également contrôlé la purification des nucléoprotéides par électrophorèse, dans l'appareil de Tiselius, en faisant varier les pH. Les diagrammes montrent le plus souvent trois frontières, les mobilités allant de 0,65 à 2,2. On décèle ainsi, à pH 8,2, dans le tampon véronal de l'acide nucléique, 90 % d'une ribonucléoprotéine et environ 10 % d'une impureté protéique.

Obtention des protéines. — Nous avons extrait les acides nucléiques par traitement des nucléoprotéides au bain-marie à 65° par NaCl à 10 %. Après trois extractions, les résidus protéiques ne contiennent plus de phosphore et les acides nucléiques obtenus à partir des surnageants ont des rapports N/P de 1,76 à 1,82, N et P étant un peu faibles. On obtient trois protéines : A, B et C provenant respectivement des nucléoprotéides précipitant à 4,96, 4,35 et 2,25.

Analyse des protéines. — Les résidus d'extraction sont redissous dans NaOH diluée, puis reprécipités à pH voisin de 5. On lave, on sèche à l'alcool, à l'éther et sous vide, sur P_2O_5. A l'électrophorèse, chacune des protéines ne contient pas plus de 10 % d'un deuxième composant protéique. Nous les avons hydrolysées en tube scellé, 24 heures à 110°, avec HCl 6 N. Après filtration de particules charbonneuses, nous avons dosé N total, puis éliminé et dosé NH_3 et N amidé; enfin nous avons séparé les acides aminés en quatre groupes suivant Fromageot, Jutisz et Lederer, et finalement, nous avons dosé tous les acides aminés. Nos résultats sont résumés dans les deux tableaux suivants.

Une hydrolyse alcaline a été faite pour le tryptophane.

TABLEAU I.

	Protéine A.		Protéine B.		Protéine C.	
	$\frac{\text{N ac. aminés}}{\text{N protéique}}$ (%).	$\frac{\text{Poids ac. aminés}}{\text{Poids protéine}}$ (%).	$\frac{\text{N ac. aminés}}{\text{N protéique}}$ (%).	$\frac{\text{Poids ac. aminés}}{\text{Poids protéine}}$ (%).	$\frac{\text{N ac. aminés}}{\text{N protéique}}$ (%).	$\frac{\text{Poids ac. aminés}}{\text{Poids protéine}}$ (%).
N ammoniacal + N amidé	5,1	5,1	4,7	4,7	4,4	4,4
Acides aminés basiques	29,2	16,6	22,2	10,9	37,7	23,8
Acides aminés dicarboxyliques	15,4	21,2	16,0	21,1	10,2	20,1
Acides aminés aromatiques	7,2	10,0	3,5	6,3	3,0	5,5
Acides aminés neutres	41,0	40,7	50,7	54,3	38,2	37,8
Tryptophane	0,7	0,6	0,3	0,3	0,7	0,8
TOTAL	98,6	94,2	97,2	97,3	93,5	92,6

TABLEAU II.

	Protéine A		Protéine B		Protéine C		
	N ac. am. / N prot.	poids ac. am. / poids protéine	N ac. am. / N prot.	poids ac. am. / poids protéine	N ac. am. / N prot.	poids ac. am. / poids protéine	
s aminés dosés.	(%).	(%).	(%).	(%).	(%).	(%).	Méthodes.
ne............	9,7	4,4	8,8	3,6	8,5	4,0	Mac-Pherson Décarboxylas bactérienne
....	8,1	5,9	6,4	4,4	11,0	8,8	Décarboxylase bactérienne
ine...........	12,3	6,3	5,9	2,9	19,3	11,0	Mac Pherson
glutamique....	4,9	7,2	5,5	7,7	2,8	5,7	Décarboxylase bactérienne
aspartique....	10,5	14,0	10,7	13,4	7,8	14,4	Dosage microbiologique ou pa différence
lalanine.......	4,3	7,1	2,2	3,8	2,4	4,3	Kapeller-Adler
ne...........	1,6	2,9	1,6	2,5	0,7	1,2	Folin-Marenzi
olle..........	1,2	0,9	6,6	4,1	1,3	1,1	Chromatographie quantitati
....	3,6	3,7	7,4	7,4	5,2	5,8	» »
nine..........	4,0	4,7	7,4	7,7	2,5	3,1	» »
e.............	9,7	8,6	7,5	6,3	8,2	8,0	» »
e + isoleucine..	9,5	12,1	15,4	19,2	6,9	6,8	Chromatographie quantitati et dosage microbiologique
....	5,4	6,3	5,9	6,6	1,8	2,4	Chromatographie quantitati et dosage microbiologique
e + cystéine...	1,9	2,3	0,3	0,3	2	2,4	Folin-Lugg, dosage microbi logique
e.............	1,2	1,4	1,9	1,9	5,9	7,6	Chromatographie quantitati (Jutisz)
onine..........	0,4	0,4	0,3	0,5	0,4	0,6	Dosage microbiologique
ophane........	0,7	0,6	0,3	0,3	0,7	0,8	Eckert, Dosage microbi logique
dé + NH_3......	5,1	5,1	4,7	4,7	4,4	4,4	
TOTAL........	94,1	94,0	98,8	97,3	91,8	92,4	

Les Tableaux montrent qu'on retrouve de 93 à 97 % de l'azote des protéines analysées, qu'elles contiennent les principaux acides aminés connus et que la protéine C, sans être une histone, est plus basique que les protéines A et B.

C'est la première fois, croyons-nous, qu'on extrait de la levure et qu'on purifie, non de l'acide ribonucléique, mais des ribonucléoprotéides dont les protéines sont obtenues à un degré de pureté tel qu'on puisse en faire une analyse valable. Il nous reste, entre autres, à déterminer leur fonction physiologique.

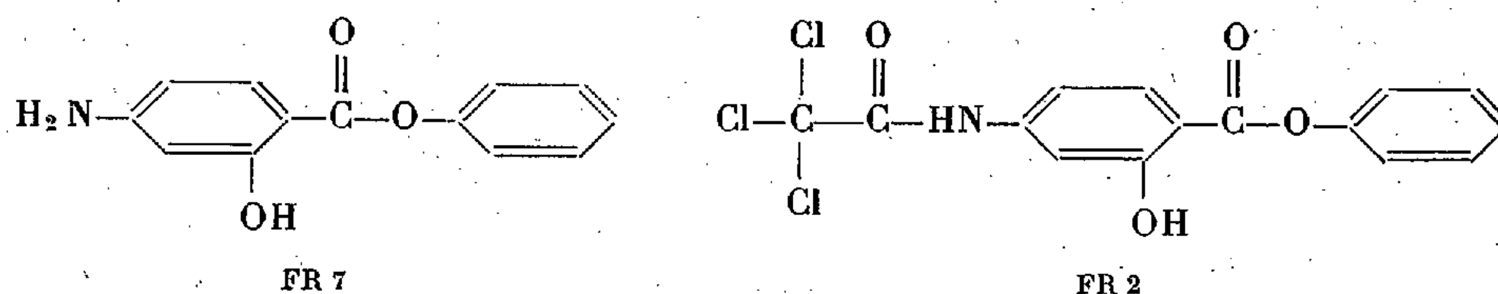
PHARMACODYNAMIE. — *Activité tuberculostatique du para-aminosalicylate de phényle* (FR 7) *sur le bacille tuberculeux* in vitro *et sur la tuberculose de la Souris*. Note ([1]) de M. **Santiago Americano Freire**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

A la suite des travaux de Lehmann ([2]) sur l'activité tuberculostatique du P. A. S., de nombreux autres travaux traitant des dérivés du P. A. S. ont été publiés.

Étudiant l'activité *in vitro* de plusieurs dérivés de l'acide salicylique sur le mécanisme tuberculostatique (souche H 37 Rv), nous avons constaté que le Salol (salicylate de phényle) est 4 à 5 fois plus actif que l'acide salicylique. Essayant sur la tuberculose humaine le Salol en injections quotidiennes de 2^{cm^3} d'une solution huileuse à 50 % pendant plusieurs mois, nous avons observé dans quelques cas des améliorations évidentes, notamment dans des cas streptomycino-résistants. En conséquence, nous avons fait l'hypothèse que le para-aminosalicylate de phényle pouvait être aussi de 4 à 5 fois plus actif que le P. A. S. sur le bacille *in vitro*.

Nous avons préparé le para-aminosalicylate de phényle (FR 7) (corps jusqu'ici inconnu) ainsi qu'un certain nombre de ses dérivés ([3]). Ceci nous a permis de confirmer notre hypothèse en utilisant le milieu de Youmans additionné de sérum ensemencé avec $0^{mg},01$ de bacilles, souche H 37 Rv, pour 5^{cm^3} de milieu dans lequel le para-aminosalicylate de phényle (FR 7) s'est montré actif à 1 pour 20 000 000 alors que le P. A. S. n'est actif qu'à 1 pour 3 000 000 jusqu'à 1 pour 5 000 000 et la streptomycine à 1 pour 1 000 000. La lecture a été faite le douzième jour de l'ensemencement. En l'absence de sérum, le FR 7 est tuberculostatique à 1 pour 30 000 000.

Si l'on additionne dans le même tube respectivement la streptomycine à 1 pour 1 250 000 et le FR 7 à 1 pour 50 000 000, le bacille ne pousse pas.



Parmi les acyl-dérivés du FR 7, nous avons constaté que c'est le N-trichlor-

---

([1]) Document retiré du pli cacheté n° 12705, déposé le 19 juin 1950, ouvert à la demande de l'auteur le 2 octobre 1950.

([2]) J. Lehmann, *Swenka Lak. Tidnung.*, **2029**, 1942, p. 1947.

([3]) L'étude des dérivés du FR 7 est en cours.

acétylaminosalicylate de phényle (FR 2) qui est le plus actif, *in vitro*; son action tuberculostatique étant encore manifeste à 1 pour 1 000 000.

Les essais effectués, *in vivo*, ont confirmé notre hypothèse et ont montré qu'à la même dose le para-aminosalicylate de phényle est plus actif que le para-aminosalicylate de sodium et que la Streptomycine ([1]).

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Conditions physiologiques pour la production d'éthanol par* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Roger Raveux**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avions observé que *Sterigmatocystis nigra* devient producteur de corps volatils et notamment d'éthanol lorsque cette moisissure se développe sur le milieu habituel dont on augmente seulement la concentration en glucides. Nous précisons ici que ce phénomène est dû à la variation du rapport habituel de certains constituants à la source glucidique. En effet si nous utilisons un milieu à 15 % de glucose, c'est-à-dire ayant une concentration 5 fois plus forte que celle du milieu de Czapek, et que nous augmentions simultanément de 5 fois tous les autres constituants, nous ne trouvons plus la formation d'éthanol; seule la croissance est accélérée.

Solution de Czapek (40^{cm^3}).......	Normale.	Normale.	5 fois plus concentrée.
Glucose (%)......................	3.	15.	15.
Mycélium sec (g)...............	0,326	1,510	2,469
Alcool formé (*a*)...............	0,04	2,20	0,03

La formation d'alcool par *Sterigmatocystis nigra* est donc due au déséquilibre des divers constituants du milieu par rapport au glucose, et la pression osmotique n'a aucune influence sur ce phénomène. Y a-t-il un des éléments du milieu qui serait plus actif que les autres?

Pour le savoir, nous avons d'abord utilisé le milieu de Czapek habituel, mais renfermant 15 % de glucose et auquel nous avons ajouté dans chaque expérience 5 fois plus de chaque élément : nous avons obtenu ainsi une série de milieux ayant chacun un rapport normal d'un seul élément au glucose.

	Czapek	Élément ayant un rapport normal au glucose				
	Glucose (15 %).	Azote.	Soufre.	Phosphore.	Potassium.	Magnésium.
Mycélium sec (g).....	1,510	1,645	1,764	1,850	1,591	1,793
Alcool formé (*a*).....	2,20	0,38	0,56	0,87	2,02	0,48
Acidité totale (*b*)....	1,42	1,21	0,69	1,37	0,69	1,02
Glucose utilisé (*c*)....	17,2	15,5	14,0	14,1	14,9	14,8

([1]) Les détails des expériences *in vivo* seront publiés par la suite.

(*a*) Et autres produits volatils, exprimés en millimolécules d'éthanol;

(*b*) en milliéquivalents;

(*c*) en millimolécules, par gramme de mycélium sec.

On voit que les éléments ayant une action sur la production d'éthanol se classent dans l'ordre : source azotée, magnésium, soufre, phosphore. Le potassium ne manifeste à cet égard aucun rôle; toutefois nous retrouvons dans ces expériences son influence sur la formation d'acides. Dans tous les cas, la consommation de glucose est moindre. Nous avons pu constater qu'en augmentant encore plus le rapport de l'un de ces éléments en glucose (élément × 10 et glucose × 5), seule la source azotée montre une influence encore plus marquée; l'apparition d'alcool est alors insignifiante. Utilisant ensuite un milieu de Czapek globalement 5 fois plus concentré que l'habituel, nous avons successivement ramené chaque élément à sa concentration habituelle ou même à une concentration plus basse. Nous avons ainsi obtenu une série de milieux ayant un rapport normal au glucose pour tous les constituants, sauf un.

Élément ayant un rapport inférieur au glucose (milieu de Czapek 5 fois plus concentré).

		Azote.		Soufre.		Phosphore.		Potassium.		Magnésium.	
	Témoin.	1/5.	1/10.	1/5.	1/10.	1/10.	1/20.	1/20.	1/50.	1/20.	1/50
Mycélium sec (g)...	2,469	2,064	1,402	1,847	1,252	2,128	1,454	1,898	1,307	1,798	0,7[illegible]
Alcool formé (*a*)...	0,03	0,57	0,19	0,39	0,59	0,09	0,08	0,03	0,04	1,40	1,4[illegible]
Acidité totale (*b*)...	1,08	1,24	2,32	1,21	1,95	1,02	2,84	2,36	3,52	1,07	4,1[illegible]
Glucose utilisé (*c*)..	12,8	14,1	13,2	14,6	15,2	14,4	14,7	13,4	15,1	16,0	14,9

Ces expériences montrent, elles aussi, que la *carence relative* en azote, en soufre, ou en magnésium fait apparaître des quantités appréciables d'éthanol. C'est la *carence* magnésienne qui provoque la formation d'alcool la plus élevée; en plus de son rôle plastique, le magnésium a un effet catalytique sur les synthèses cellulaires. Mais en diminuant seulement au 1/5 ou au 1/10 le rapport du magnésium, il n'y a aucune production d'éthanol. Il est donc nécessaire d'accentuer le déséquilibre pour constater son influence, analogue à celle des oligoéléments que nous établirons dans une prochaine Communication. Lorsque les processus normaux de croissance sont relativement ralentis par déséquilibre d'un élément, il n'y a pas obligatoirement production d'alcool (potassium) ou une formation plus intense par déséquilibre accru (azote, magnésium). Toutefois, l'acidité du milieu est alors toujours plus élevée. Une plus grande quantité de glucose est nécessaire pour édifier 1g de mycélium. On peut penser que les mécanismes diastasiques, impliqués normalement dans l'oxydation complète des métabolites et dans leur transformation en substances cellulaires, deviennent saturés. On peut supposer aussi que les synthèses protoplasmiques sont incomplètes s'il n'y a pas suffisamment d'éléments plastiques, susceptibles de se combiner avec les composés intermédiaires, bien que leur teneur absolue soit notable; les métabolites intermédiaires pourraient alors s'accumuler dans le milieu s'il n'y a pas un système enzymatique latent capable de les transformer, par exemple en acides organiques ou en lipides

intracellulaires. Il est possible que la production d'éthanol soit due à cet effet, mais on ne peut l'affirmer qu'en mettant en évidence les mécanismes intermédiaires, ce que nous tentons dans nos recherches actuelles.

Nous avons ainsi montré qu'en déséquilibrant le milieu de culture par une adjonction supplémentaire de glucose, le métabolisme habituel est dévié et nous voyons apparaître de l'éthanol. Le même fait peut se constater lorsque le déséquilibre est réalisé par une addition supplémentaire d'un acide organique :

Glucose (%)	4.	12.	4.		
Acide *iso* C à 8 % de glucose	—	—	Acide citrique.	Acide tartrique.	Acide gluconique.
Mycélium sec (g)	0,553	1,273	0,766	0,559	1,312
Alcool formé (*a*)	0,06	3,54	2,00	1,54	0,50
Glucose utilisé (*c*)	13,1	15,8	9,65	11,1	6,75
Acide utilisé (*c*)	—	—	20,9	19,2	6,5

La quantité d'alcool obtenue est plus faible à partir de ces acides qu'à partir du glucose en concentration isocarbonée; l'acide gluconique est surtout utilisé dans les synthèses cellulaires. Nous avons aussi observé une formation d'éthanol à partir d'acides comme unique source carbonée, et, d'autre part, que le mycélium est ensuite susceptible d'utiliser l'éthanol lorsque l'aliment glucidique fait défaut.

PATHOLOGIE ANIMALE. — *Sur la peste* inapparente *des rongeurs sauvages.* Note (*) de MM. **Marcel Baltazard** et **Chamseddine Mofidi**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La peste *inapparente* a été trouvée chez les rongeurs sauvages pour la première fois par Mitchell, Pirie et Ingram ([1]) en 1926 chez une gerbille et un rat Karoo du Veld Sud africain, puis a été étudiée ensuite par plusieurs auteurs en U.R.S.S. et aux U.S.A. (foyer de Californie). Cette forme se distingue des formes décrites chez le Rat sous les noms de peste chronique, peste latente, Kronische Pest, Resolving Plague, etc., en ce que, à l'inverse de ces formes, elle ne comporte aucune lésion qui puisse être rapportée à la peste. L'autopsie montre en effet la plupart du temps des organes d'aspect parfaitement normal et l'examen microscopique de ces organes demeure négatif; la culture, lorsqu'elle est pratiquée, reste stérile et seule l'inoculation du broyat des organes, peut déceler l'existence de cette peste occulte, sans

(*) Séance du 18 septembre 1950.

([1]) *Publ. South. Afric. Inst. Med. Res.*, 3, 1927, p. 85.

lésions ni bacilles visibles. Cette forme n'a pas seulement été observée chez des animaux trouvés morts, mais aussi chez des animaux tués en cours de chasse, ou sacrifiés bien portants au moment de la capture. La question s'est alors posée de la durée possible de telles formes et de leur avenir, partant de leur rôle dans l'épizoologie de la peste. Si l'on admet en effet qu'il s'agit là de formes inapparentes d'emblée, on peut supposer qu'elles puissent demeurer en latence pendant un temps plus ou moins long, pour se terminer, à la faveur d'une déficience quelconque ou d'un accident survenu chez l'animal, par une peste évolutive septicémique mortelle. C'est vers cette hypothèse que se sont orientés pratiquement tous les chercheurs qui ont observé cette forme.

Pourtant, dans les observations rassemblées par ces chercheurs, aucune ne permet d'écarter l'hypothèse : dans le cas des animaux trouvés morts, d'une forme particulière, toxique d'emblée par exemple, et dans le cas des animaux tués en cours de chasse ou sacrifiés aussitôt après la capture, d'une forme faiblement virulente en cours d'incubation, puisque aussi bien ces cas sont rares et les germes qu'on en isole d'une virulence atténuée. Seul, Grikurov (2) a observé une fois une forme de ce type, chez un spermophile d'un lot conservé en captivité; encore s'agit-il d'un animal mort spontanément et dont les organes, s'ils ne montraient pas de bacilles à l'examen microscopique, donnèrent une culture positive.

Au cours de notre enquête dans la zone enzootique de peste sauvage du Kurdistan persan (3), nous avons pu observer l'existence de cette forme dans un foyer épizootique. Sur 37 mérions examinés dans ce foyer : 8 avaient été trouvés morts dans les terriers, dont 7 montraient un tableau de peste typique, 29 avaient été capturés vivants. De ces 29 mérions, 8 mouraient ou étaient sacrifiés agonisants dans les 12 heures après la capture, dont 3 montraient un tableau de peste typique. Un mérion enfin était sacrifié malade 4 jours après la capture, ne montrant aucun signe macroscopique, à l'autopsie, aucune lésion ni aucun bacille à l'examen microscopique l'ensemencement du sang, du foie et de la rate demeurait stérile; cependant un cobaye inoculé avec un broyat de rate et de foie de ce mérion mourait de peste en 14 jours.

Les 20 mérions rapportés vivants à Téhéran étaient alors mis en observation après avoir été soigneusement épucés à la D. D. T., puis étaient sacrifiés l'un après l'autre dans un délai de 23 à 53 jours après la capture, pour recherche systématique de l'infection *inapparente* par autopsie très complète, recherche poussée des bacilles dans tous les organes, culture sur milieux divers et inoculation systématique du broyat des organes au cobaye. Tous se montraient

---

(2) *Rev. Microb. Épid. Parasit.*, 13, 1934, p. 207.

(3) A paraître dans le Bulletin de l'Organisation Mondiale de la Santé.

indemnes de peste, sauf un, dont voici l'observation : Mérion Agh/30 (Meriones persicus?), capturé le 4 décembre, sacrifié bien portant le 20 janvier, soit 47 jours après la capture. Autopsie : aucun signe suspect, aucun engorgement ganglionnaire; examen des frottis de poumon, sang, rate, foie, ganglions : négatif; cultures foie, rate, sang : stériles. Inoculation d'un broyat de rate, foie sous la peau d'un cobaye; sacrifié au troisième jour : peste, prouvée par culture et passage au cobaye.

Cette constatation confirme donc l'hypothèse de nos devanciers sur la durée possible de l'infection *inapparente*. Un mérion capturé dans un foyer de peste, sacrifié en pleine santé après 47 jours d'une observation où il n'a montré aucun signe de maladie, se révèle naturellement atteint de peste *inapparente*. Ce long délai montre que ce type d'infection est durable et éliminerait toute autre interprétation que celle qui a été donnée par nos devanciers, s'il ne restait celle d'une peste résiduelle à son dernier stade. Nous avons en effet constaté chez les rongeurs sauvages l'existence très fréquente de formes sans aucune lésion visible à l'autopsie. Ces formes sont, il est vrai, mortelles et les organes, intacts en apparence, sont farcis de bacilles; mais si l'on admet que de telles formes puissent évoluer vers la guérison et la disparition progressive des bacilles, elles offriraient à la fin de cette évolution un tableau sans doute identique à celui de la peste *inapparente*, dont nous venons de parler. Seule l'expérimentation, s'efforçant de reproduire les conditions de la nature et permettant l'observation exacte de l'origine et de l'évolution de ces formes, pourra nous en permettre l'interprétation exacte.

La séance est levée à 16h.

R. C.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 2 janvier 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Raymond Raffin*, Algèbres monosymétriques :

Page 32, théorème 2, au lieu de *sur* $\mathcal{B}$, lire *sur le corps* $\mathcal{B}$; *supprimer* : 1° *que* $\mathcal{B}$ *soit un corps;* 2°, ainsi que la première phrase de la démonstration.

Page 33, théorème 5, *remplacer* $\mathfrak{A}$ par $\mathfrak{P}$ et K par K *réel;* dans la démonstration, *remplacer* α_i par -1.

(*Comptes rendus* du 7 août 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Paul Cordier* et Mlle *Marlyse Reh*, Comportement de cétones éthyléniques aromatiques vis-à-vis de l'acide phénylpyruvique :

Page 415, 19e ligne, *au lieu de* cette réaction irréversible, *lire* cette réaction réversible.

(*Comptes rendus* du 4 septembre 1950.)

Note présentée le même jour, de M. *Antoine Visconti*, Remarques sur une solution de l'équation d'ondes :

Page 507, note de bas de page, *au lieu de* 230, *lire* 231.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1950.

Die Mitglieder der deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1700-1950, von ERIK AMBURGER. Berlin, Akademie Verlag, 1950; 1 vol. 29cm,5.

Alfred Lacroix (1863-1948). *Nécrologie*, par ÉLISABETH JÉRÉMINE et ALBERT MICHEL-LÉVY. Extrait du *Bulletin volcanologique*. Organe de l'Association de volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale. Série 2. T. X, 1950. Napoli, Stabilimento Tipografico Francesco Giannini e Figli, 1950; 1 fasc. 24cm.

The actinomycetes, their nature, occurence, activities and importance, by SELMAN A. WAKSMAN, in *Annales cryptogamici et phytopathologici*. Vol. IX. Waltham, Mass., Chronica botanica Company, 1950; 1 vol. 24cm.

L'élaboration du traité de chimie de Lavoisier, par MAURICE DAUMAS. Extrait des *Archives internationales d'Histoire des sciences*, n° 12, 1950; 1 fasc. 24cm.

Protectarat de la République française au Maroc. Direction de la production industrielle et des mines. Division des mines et de la géologie. Service géologique. *Notes et Mémoires*. N° 73. *Paléontologie marocaine*. II. *Invertébrés de l'ère primaire*, par GENEVIÈVE et HENRI TERMIER. Fasc. 1 : *Foraminifères, Spongiaires et Cœlentérés*. Fasc. 2 : *Bryozoaires et Brachiopodes*. Fasc. 3 : *Mollusques*. Fasc. 4 : *Annélides, Arthropodes, Echinodermes, Conularides et Graptolithes*. Paris, Hermann et Cie, 1950; 4 vol. 25cm.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1951, publiée par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 24cm,5.

Le groupe zoologique humain. Structure et directions évolutives, par PIERRE TEILHARD DE CHARDIN. 1 fasc. polycopié 26cm,5.

Donzère-Mondragon. Groupement d'entreprises de travaux d'aménagement du Rhône à Donzère. *Bulletin d'information technique et professionnel*, n° 2; 1 fasc. 27cm.

Régence de Tunis. Protectorat français. Direction des travaux publics. *Annales des mines et de la géologie*. N° 5. Deuxième série : *Mines et techniques connexes*. *Les gisements de plomb et de zinc en Tunisie*, par A. GRANOTTIER et P. SAINFELD. Tunis, Imprimerie E. Saliba, 1949; 1 fasc. 27cm.

Mémoires de l'Institut français d'Afrique noire. N° 8. *Études sur la flore et la végétation du Tibesti*, par RENÉ MAIRE et THÉODORE MONOD. Paris, Librairie Larose, 1950; 1 fasc. 28cm,5.

Acta scientiarum mathematicum. Tomus XII, par LEOPOLD FEJÉR et FREDERICO RIESZ. CXX annos natis dedicatus. Pars A. Szeged, 1950. Tomum iubilarem adiuvante academia scientiarum hungarica, ediderunt Institutum bolyaianum universitatis Szegediensis et Societas mathematica de Iohanne Bolyai nominata. 1 vol. 25cm,5.

Chemical Thermodynamicos, by FREDERICK D. ROSSINI. New York, John Wiley and Sons. London, Chapman & Hall Ltd., 1950; 1 vol. 22cm.

Steroid Hormones and Tumors. Tumorigenic and Antitumorigenic Actions of Steroid Hormones and the Steroid Homeostasis. Experimental Aspects, by ALEXANDER LIPSCHUTZ. Baltimore, The Williams and Wilkins Company, 1950; 1 vol. 23cm,5.

British Water beetles, by FRANK BALFOUR-BROWNE. Vol. II. London, printed for the Royal Society, sold by Bernard Quaritch, Ltd., 1950; 1 vol. 22cm,5.

The geology of Indonesia, by R. W. VAN BEMMELEN. Vol. IA : *General geology*. Vol. IB : *Portfolio*; Vol. II : *Economic geology*. The Hague, Government printing office, 1949; 3 vol. 29cm,5.

Estados unidos do Brasil. Ministério da agricultura. Departamento nacional da produção mineral. Divisão de águas, par WALDEMAR JOSÉ DE CARVALHO. *Atlas pluviométrico do Brasil* (1914-1938), par FRANCISCO EUGÊNIO MAGARINOS TORRES et ARMANDO MORTERA. Secção de hidrologia, par JOSÉ PACHECO DA VEIGA. Boletim nº 5, 1948; 1 atlas 62cm,5 × 47cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 OCTOBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ENSEMBLES ET FONCTIONS. — *Les applications du théorème général de Vitali.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Les théorèmes établis dans les Notes des 18 et 25 septembre 1950 permettent d'étendre à tout espace où une métrique borélienne des ensembles est définie, les théorèmes fondamentaux concernant l'épaisseur des ensembles cartésiens et la dérivation des fonctions de variables réelles.

La présente Note fait suite à celles des 18 et 25 septembre (1). Nous nous plaçons dans le cas particulier où les ensembles ω et γ ne se distinguent pas : $\gamma = \gamma(\omega) = \omega = \omega(\gamma)$. Les résultats déjà établis mènent à l'exposé suivant :

U est un espace où est définie une fonction métrique $\varphi(E)$ non négative, borélienne, c'est-à-dire complètement additive, et aussi soustractive :

$\varphi(\Sigma E_n) = \Sigma\varphi(E_n)$, si les E_n mesurables-φ sont disjoints; et $\varphi(E - E.E') = \varphi(E) - \varphi(E.E')$, le premier et le troisième terme existant si E et E' sont mesurables-φ. Si E n'est pas mesurable-φ, on considère les mesures extérieures $\varphi_e(E)$ et intérieure $\varphi_i(E)$ de E, bornes strictes respectivement inférieure et supérieure de $\varphi(E')$ et de $\varphi(E'')$, E' et E'' étant mesurables-φ, avec $E' \supset E \supset E''$.

Ces mesures $\varphi_e(E)$, $\varphi_i(E)$ présentent une sorte d'additivité complète. Si $E = \Sigma E_n$, et si $E_n \subset K_n$, les K_n étant mesurables-φ et disjoints : $\varphi_e(E) = \Sigma\varphi_e(E_n)$, $\varphi_i(E) = \Sigma\varphi_i(E_n)$.

Si une suite d'ensembles D_n, non-mesurables-φ dans le cas général, décroît et a pour ensemble limite Δ et si $\Gamma_n \subset D_n$, Δ et Γ_n étant mesurables-φ, avec $\varphi(\Gamma_n) \geqq \varphi(\Delta)$, on en conclut $\varphi(\Delta) = \lim_{n\infty} \varphi(\Gamma_n)$.

On décompose D_n en trois ensembles disjoints $D = \Delta + X_n + Y_n$, X_n étant mesurable-φ, avec $\varphi(X_n) = \varphi_i(D - \Delta)$, et X_n pouvant être supposé décroissant; $\varphi_i(Y_n) = 0$. D'après $\Gamma_n \subset D_n$, $\Gamma_n = \Gamma_n . D_n$; $\Gamma_n = \Gamma_n . \Delta + \Gamma_n . X_n + \Gamma_n . Y_n$. Dans cette égalité le dernier ensemble est mesurable, les autres l'étant. Donc $\varphi(\Gamma_n . Y_n) = 0$.

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 560-562 et 600-602.

La limite de $X_n + Y_n$ étant l'ensemble vide, puisque $\lim D_n = \Delta$, on en conclut

$$\overline{\lim}\,\varphi(\Gamma_n) = \overline{\lim}\,\varphi(\Gamma_n.\Delta) \leqq \varphi(\Delta),$$

et comme d'après l'hypothèse, $\underline{\lim}\,\varphi(\Gamma_n) \geqq \varphi(\Delta)$, l'égalité $\lim \varphi(\Gamma_n) = \varphi(\Delta)$ est établie. Elle nous permet de compléter comme ci-dessous le corollaire II et la conclusion du théorème général de ma Note du 25 septembre.

Rappelons qu'un point M de l'espace U est dit *indéfiniment couvert au sens de la métrique*-φ par une famille P d'ensembles ω, si M est commun à une suite d'ensembles ω_n de G dont la mesure extérieure $\varphi(\omega_n)$ tend vers zéro.

Nous dirons que *la famille* G *d'ensembles* γ *est régulière au sens de la métrique*-φ si elle remplit les conditions suivantes :

1° *Tout ensemble* γ *de* G *a une mesure*-φ *déterminée et positive;*

2° *Quel que soit* γ *dans* G, *les points* M *de* U *étrangers à* γ *et indéfiniment couverts* (au sens de la métrique-φ) *par les* γ' *joints à* γ *forment un ensemble* $\rho(\gamma)$ *de mesure*-φ *nulle* (éventuellement vide);

3° *Il existe deux nombres a et b* ($1 < a < b$) *indépendants de* γ, *tels que la réunion* $\Omega(\gamma)$ *des* γ' *de* G *joints à* γ *et vérifiant* $\varphi(\gamma') < a\varphi(\gamma)$ *a une mesure extérieure moindre que* $b\varphi(\gamma)$: $\varphi_e[\Omega(\gamma)] < b\varphi(\gamma)$;

4° *La mesure extérieure de l'ensemble* D *réunion des* γ *est finie* : $\varphi_e(D) < \infty$.

Nous désignons par $\Delta(G)$ l'ensemble indéfiniment couvert par les γ de G, au sens de la métrique-φ.

Dans l'espace cartésien U_r à r dimensions et avec la métrique euclidienne et borélienne d'ordre r, tout groupement borné G d'ensembles mesurables γ dont la mesure est supérieure à une fraction fixe de d^r, d étant le diamètre de γ, est une famille régulière. C'est pourquoi le théorème classique de Vitali est englobé dans le suivant.

Théorème. — *Il existe une collection dénombrable* $\Gamma = \Sigma\gamma_i$ *d'ensembles* $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$ *disjoints, appartenant à* G *et tels que :*

1° *L'ensemble des points de* $\Delta = \Delta(G)$ *non couverts par l'ensemble* Γ *a la mesure*-φ *nulle* : $\varphi(\Delta - \Delta.\Gamma) = 0$;

2° Δ *est mesurable*-φ : $\varphi(\Delta) = \varphi(\Delta.\Gamma)$;

3° *Le nombre positif* ε *ayant été préalablement donné quelconque,*

$$\varphi(\Gamma) < \varphi(\Delta) + \varepsilon.$$

De ce théorème se déduisent facilement toutes les propositions qui viendront ci-après.

J étant un ensemble mesurable-φ inclus dans $\Delta = \Delta(G)$, nous définissons comme il suit les *épaisseurs supérieure, inférieure,* éventuellement *exacte de* J *en un de ses points* M, *relativement à la famille régulière* G, *et au sens de la métrique*-φ. Ces nombres $\eta_s(J, M, G)$, $\eta_i(J, M, G)$, $\eta(J, M, G)$ sont respectivement les plus grande, plus petite, exacte limites du rapport $\varphi(J.\gamma)/\varphi(\gamma)$ quand, γ contenant M, $\varphi(\gamma)$ tend vers zéro. On peut considérer des épaisseurs analogues extérieures et intérieures.

THÉORÈME. — *Si en tout point* M *de l'ensemble* H *inclus dans* $\Delta = \Delta(G)$, *l'épaisseur extérieure et inférieure de* H *est moindre que* θ, *inférieur à* 1 *et indépendant de* M, *il est impossible que* $\varphi(\Delta) < \theta^{-1}\varphi_e(H)$.

Soit H un ensemble inclus dans $\Delta = \Delta(G)$ et G' l'ensemble des γ joints à H; $\Delta' = \Delta(G') \supset H$. Il peut se faire que $\varphi(\Delta') > \varphi_e(H)$.

Exemple. — C_1 et C_2 sont deux couronnes circulaires ouvertes de centre commun O, de rayons extrêmes (1, 2) et (3, 6). Un γ est un couple quelconque de cercles homothétiques par rapport à o avec le rapport 3, l'un intérieur à C_1, l'autre à C_2. La famille G est régulière, $\Delta(G) = C_1 + C_2$. Si H est dans C_1, $\varphi(\Delta') = 10\varphi_e(H)$.

THÉORÈME. — *L'épaisseur de l'ensemble* $\Delta = \Delta(G)$ *par rapport à la famille régulière* G *dont* Δ *est l'ensemble de recouvrement indéfini au sens de la métrique-*φ, *cette épaisseur* $\eta(\Delta, M, G)$ *est égale à* 1 *sauf éventuellement aux points* M *d'un ensemble de mesure-*φ *nulle.*

Nous appelons *plénitude-*φ d'un ensemble E mesurable-φ tout ensemble K inclus dans E, mesurable-φ et tel que $\varphi(E - K) = 0$.

Les ensembles E appartenant à U, soit $\psi(E)$ une *fonction d'ensemble borélienne*, à savoir complètement additive [si les E_n sont disjoints, les $\psi(E_n)$ définis, la série $\Sigma\psi(E_n)$ *absolument* convergente, $\psi(E)$ existe et vaut $\Sigma\psi(E_n)$] et soustractive (*voir* plus haut).

1. G étant une famille régulière d'ensembles γ, nous dirons que ψ est *définie dans le champ* $\Delta(G)$, si $\psi(E)$ a une valeur déterminée finie, quel que soit E mesurable-φ et inclus dans $\Delta(G)$.

Si la fonction $\psi(E)$ est définie dans le champ $\Delta(G)$, nous appelons *dérivé supérieur, inférieur et dérivée exacte de la fonction d'ensemble* $\psi(E)$ *en un point* M *de* $\Delta(G)$ *et relativement à la famille régulière* G, respectivement la plus grande, la plus petite, et l'unique limites du rapport $\psi(\Delta.\gamma)/\varphi(\gamma)$ quand, l'ensemble γ de G contenant M, la mesure $\varphi(\gamma)$ tend vers zéro.

THÉORÈME. — *Les nombres dérivés extrêmes d'une fonction d'ensemble relativement à la famille régulière* G *sont des fonctions mesurables-*φ.

2. Nous dirons que ψ, définie dans le champ $\Delta(G)$, y est *bornée*, si le nombre $\psi(E)$ est borné, indépendamment de E, mesurable-φ, inclus dans $\Delta(G)$.

THÉORÈME. — *Si la fonction d'ensemble* $\psi(F)$ *est définie et bornée dans le champ* $\Delta(G)$, *l'ensemble des points de* $\Delta(G)$ *où, relativement à la famille* G, ψ *possède un dérivé infini à la mesure-*φ *nulle.*

Nous dirons que la fonction d'ensemble $\psi(E)$ définie et bornée dans le champ $\Delta(G)$, y est *métriquement continue,* si $\psi(E)$ tend vers zéro en même temps que $\varphi(E)$, E mesurable-φ variant indifféremment dans $\Delta(G)$.

3. Nous dirons que la famille régulière G d'ensemble γ est *parfaitement régulière* si, quel que soit l'ensemble H mesurable-φ inclus dans $\Delta(G)$, la famille G' des ensembles γ de G joints à H vérifie, étant posé $\Delta' = \Delta(G)(\Delta' \supset H)$, l'égalité $\varphi(\Delta') = \varphi(H)$.

Les familles d'ensembles de U_r citées plus haut sont parfaitement régulières.

THÉORÈME. — *Si, la famille* G *d'ensembles* γ *étant parfaitement régulière, la fonction d'ensemble* $\psi(E)$ *est définie, bornée et métriquement continue sur* $\Delta(G)$, $\psi(E)$ *possède par rapport à la famille* G *une dérivée finie exacte sur une plénitude-*φ *de* (G).

Ces propositions étendent à tout espace où une métrique borélienne non négative des ensembles est définie, et sans considération de distance entre points ni de topologie, certains théorèmes fondamentaux relatifs à la métrique euclidienne des ensembles cartésiens et aux nombres dérivés des fonctions d'une variable réelle.

CHALEUR. — *Influence de la nature des surfaces sur la condensation de jets moléculaires d'antimoine.* Note de MM. **Gustave Ribaud** et **Marcel Devienne.**

Nous avons indiqué, dans une précédente Note (¹), comment nous utilisons les radio-éléments artificiels pour étudier la condensation des jets moléculaires sur des surfaces.

Nous avons, à une température donnée, déterminé l'influence de la nature de la surface sur le facteur de condensation des molécules d'antimoine tombant sur celle-ci. Pour cela, pendant un même temps, et dans les mêmes conditions (même température du four, même diaphragme et même distance à l'orifice du four) nous avons soumis des plaques de nature différente à un jet moléculaire d'antimoine radioactif. Le nombre de particules β émis par le dépôt laissé sur les plaques est mesuré au compteur de Geiger.

On a pu ainsi mettre en évidence que le facteur de condensation de l'antimoine sur le cuivre est, au voisinage de 70°C, plus élevé que sur le verre, et plus grand lui-même que celui de l'antimoine tombant sur l'aluminium. La mesure du nombre de particules β émises en moyenne par minute, permet de donner une valeur, à quelques pour-cents près, du rapport entre les facteurs de condensation de l'antimoine vis-à-vis du verre et de l'aluminium par rapport au cuivre.

On trouve ainsi

$$\frac{\text{verre}}{\text{cuivre}} = 0,52, \qquad \frac{\text{aluminium}}{\text{cuivre}} = 0,44.$$

Cette observation a d'ailleurs été complétée en effectuant les autoradiographies des plaques de condensation, ce qui a, en particulier, un double avantage : tout d'abord de permettre une détermination de l'ordre suivant lequel se répartissent les facteurs de condensation de l'antimoine sur différents métaux, et, d'autre part, de rendre décelables des dépôts qui ne le sont pas par ailleurs, même au microscope.

(¹) *Comptes rendus,* 230, 1950, p. 1811.

On peut, de cette façon, comparer les résultats obtenus qualitativement par les deux méthodes. Ces résultats sont pratiquement identiques.

La méthode des autoradiographies permet également une comparaison plus directe de l'influence des surfaces. Il suffit, pour cela, de prendre deux demi-plaques identiques, mais constituées par des métaux différents, de les accoler et de les placer symétriquement par rapport à l'orifice du four, aucun diaphragme ne limitant le jet moléculaire. On place ensuite les deux demi-plaques, toujours accolées, sur la surface d'un film radiographique, et l'on compare les deux plages de part et d'autre de la ligne de séparation des deux demi-plaques.

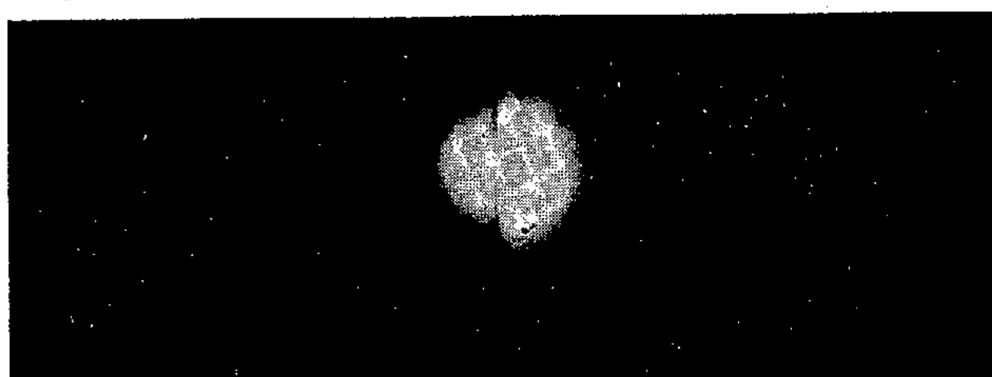


Fig. 1.

Les autoradiographies obtenues démontrent qu'il existe effectivement de grandes différences entre ces plages. La figure 1, qui représente deux demi-plaques, l'une en aluminium et l'autre en cuivre, surfaces qui ont été toutes deux polies, fait voir la netteté du phénomène. Cette méthode permet, d'une façon générale, de confirmer qualitativement les résultats précédents.



Fig. 2.

Il est également possible d'en tirer des valeurs des rapports des facteurs de condensation. Si l'on remarque que les densités d'impact sont proportionnelles à la quatrième puissance du cosinus de l'angle formé par l'axe de symétrie du jet moléculaire avec la direction d'impact considérée, on en déduit que le rapport des facteurs de condensation est inversement proportionnel aux quatrièmes puissances des cosinus des angles des plages observées sur les demi-plaques.

Dans le cas présent, on retrouve à quelques pour-cents près, le même

rapport que celui obtenu précédemment au moyen du compteur de Geiger. Étant donnée la difficulté de déterminer exactement le diamètre des plages, on doit admettre que ce résultat est satisfaisant.

Dans une autre série d'expériences, le jet moléculaire, avant d'aborder la plaque de condensation, traverse un faible orifice percé dans une plaque susceptible de recevoir ainsi les atomes réfléchis ou réémis.

Par autoradiographie on peut mettre ainsi en évidence les faibles dépôts dus aux molécules réfléchies. La figure 2 représente la condensation, sur une plaque annulaire en cuivre, des molécules d'antimoine réfléchies par une plaque de verre.

On peut également mesurer le rapport entre le nombre de particules β émises par les plaques sur lesquelles s'effectue la condensation directe des jets moléculaires et celles émises par les plaques sur lesquelles s'effectue la condensation des molécules réfléchies.

Les valeurs trouvées confirment pleinement les résultats obtenus par la première technique.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des sucres et des vitamines sur le mode de végétation du* Poa annua L. *en culture aseptique*. Note de MM. **Joseph Magrou** et **François Mariat**.

Expériences montrant que la production de rhizomes par le *Poa annua* est sous la dépendance de la concentration moléculaire des sucs de la plante.

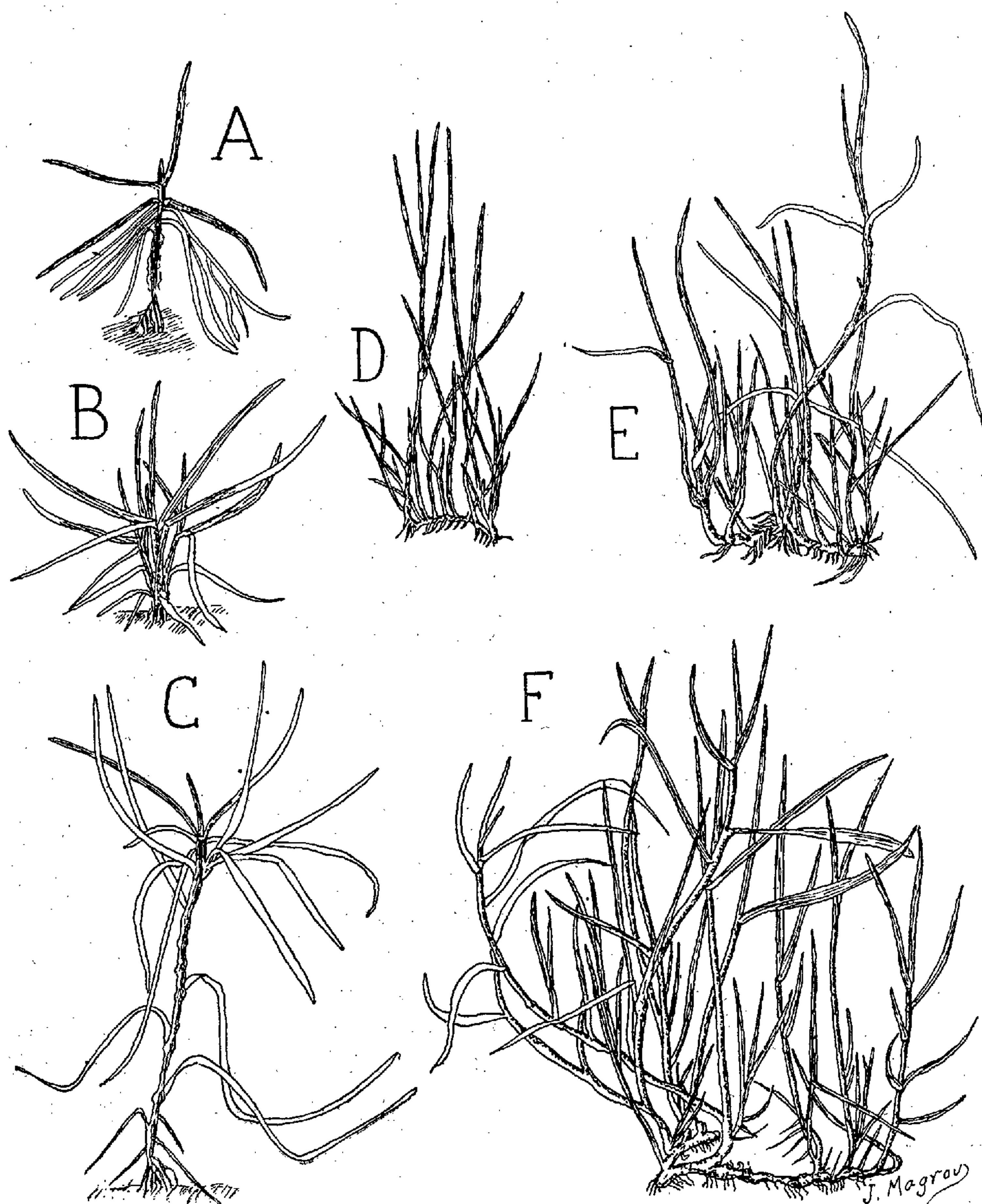
Dans une Note antérieure (¹) nous avons montré que le *Poa annua* cultivé en plaine dans une terre prélevée à haute altitude, devient vivace lorsqu'il contracte une symbiose mycorhizienne avec les champignons qui peuplent le sol des montagnes. Nous entretenons en serre une telle culture symbiotique, issue de semis faits le 2 octobre 1946, qui se multiplie par rhizomes et prolifère de façon exubérante.

Nous nous sommes proposé de rechercher par quel mécanisme le champignon provoque la formation de rhizomes chez une espèce qui en est habituellement dépourvue. Plusieurs interprétations sont possibles : on peut imaginer que le champignon agit en élevant, par un processus d'anatonose, la pression osmotique des sucs de la plante, ou qu'il introduit dans celle-ci des facteurs de croissance capables de modifier le développement, ou enfin qu'il intervient par ces deux mécanismes à la fois.

Pour décider entre ces diverses hypothèses, nous avons fait des cultures aseptiques de *Poa annua* en solution de Knop renfermant 10 % de glucose ou

(¹) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 22.

19 % de maltose (produits R. A. L.). Les caryopses, stérilisés par un séjour d'environ 12 heures dans l'eau oxygénée à 12 volumes, sont semés sur coton imbibé d'eau bidistillée. Après germination, ils sont transportés aseptiquement



Cultures aseptiques de *Poa annua* : A et B, en solution de Knop non sucrée; C, en solution de Knop renfermant 0,2 % de glucose; D, en solution de Knop + 10 % de glucose purifié par la norite; E, en solution de Knop + 10 % de glucose non purifié; F, en solution de Knop + 10 % de glucose purifié + acide nicotinique à 10^{-6}. Réduit d'un tiers.

dans des ballons d'un litre, renfermant chacun 200$^{cm^3}$ de solution nutritive gélosée, à raison d'un caryopse par ballon. Les ballons sont fermés par un tampon de coton, auquel on superpose un bouchon de caoutchouc. Selon

Molliard, en effet (²), la fermeture hermétique des récipients de culture favorise l'absorption des sucres par les racines, et cet auteur a obtenu, sur milieux sucrés renfermés dans des tubes bouchés au caoutchouc, la formation de rhizomes aériens dans les cultures aseptiques d'une plante annuelle ou bisannuelle, le Radis. Dans nos essais, les témoins étaient constitués par des cultures sur milieu de Knop gélosé, non sucré ou renfermant seulement 0,2 % de glucose, concentration qui, dans des expériences antérieures de l'un de nous (³), s'était montrée insuffisante pour provoquer la tubérisation de la Pomme de terre en milieu aseptique. Dans tous les ballons, nous avons incorporé au milieu de culture, sucré ou non, deux gouttes de solution *oligodynamique* de Berthelot (⁴).

Pour éliminer l'action possible des vitamines que les sucres pouvaient renfermer à l'état d'impuretés, nous avons, dans une partie de nos ballons, fait usage de sucres purifiés par contact à l'ébullition avec la *norite* (charbon activé), qui a la propriété d'adsorber les facteurs de croissance. Dans certaines de nos cultures en présence de sucre purifié, nous avons ajouté l'une des vitamines suivantes : aneurine à la concentration de 10^{-6}, acide nicotinique (10^{-6}), biotine (10^{-8}), pantothénate de calcium (10^{-6}), ou un mélange de ces quatre facteurs. En tout, 54 ballons ont été préparés.

Les témoins, en milieu non glucosé (*fig.* 1, A, B) ou glucosé à 0,2 % (*fig.* 1, C), ont tous développé un axe dressé, parfois bifurqué. En présence de glucose ou de maltose purifié par la norite, les plantes sont restées un certain temps peu vigoureuses, mais leur tige principale n'a pas tardé à se coucher sur le substratum et à s'y enraciner, se transformant en un rhizome à entre-nœuds courts, portant de nombreux rameaux adventifs dressés (*fig.* 1, D). En présence de sucres non purifiés, des rhizomes de même type se développent, mais les plantes sont plus vigoureuses (*fig.* 1, E). Enfin, en présence de sucres purifiés associés aux vitamines, on observe le même type de végétation, mais la croissance est encore plus luxuriante (*fig.* 1, F).

On peut conclure de ces essais que c'est bien la concentration en sucre qui provoque la formation de rhizomes chez le *Poa annua* en culture aseptique, les vitamines n'intervenant qu'accessoirement pour accroître la vigueur de la végétation.

M. **Henri Villat** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un travail de M. Maurice Parodi sur les *Équations intégrales et* la *transformation de Laplace*, Ouvrage dont j'ai écrit la *Préface*.

(²) *Rev. Gén. Bot.*, 19, 1907, p. 241 et 329.
(³) J. Magrou, *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1163.
(⁴) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 16, 1934, p. 1553.

M. Parodi est l'un des jeunes mathématiciens les plus renseignés sur cette matière qui lui doit beaucoup. Son livre rendra les plus grands services et la Mécanique, spécialement la Mécanique des Fluides, y trouvera l'occasion de progrès nombreux.

M. **Hippolyte Parodi** fait hommage d'un Ouvrage de M. Charles Frérot, intitulé : *La technique du chauffage électrique; ses applications domestiques et industrielles.* Tome I. *Théories et calculs,* dont il a écrit la *Préface.*

M. **Harlow Shapley** adresse à l'Académie plusieurs fascicules dont un Mémoire intitulé : *Galactic and extragalactic studies, XX. On the distribution of* 78,000 *of the brighter northern galaxies.*

DÉSIGNATIONS.

M. **André Mayer** est désigné pour représenter l'Académie aux Cérémonies qui auront lieu au mois de juin 1951, à l'occasion du cinq-centième anniversaire de l'**Université de Glascow.**

PLIS CACHETÉS.

M. **Charles Pitoiset** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 23 janvier 1950, et enregistré sous le nº 12646.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Résolution des équations de la forme*

$$x^n + a_1 p x^{n-2} + a_2 p^2 x^{n-4} + \ldots + a_k p^k x^{n-2k} + \ldots + q = 0,$$

le coefficient a_k du terme général étant

$$a_k = \frac{n}{n-k} C_{n-k}^k$$

et p et q étant des nombres quelconques.

(Renvoi à la Section de Géométrie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1º Encyclopédie entomologique. XXVI. *La biologie des Diptères,* par Eugène Séguy (présenté par M. P.-P. Grassé).

2º United States Department of Commerce. Weather Bureau. *The Thun-*

derstorm. Report of the Thunderstorm Project. HORACE B. BYERS, director; ROSCOE R. BRAHAM, Jr., Senior Analyst.

3° Id. *Technical Paper*, n° 1.

4° *Lackkunstharze*, par HANS WAGNER et HANS FRIEDRICH SARX, avec la collaboration de BERNHARD CYRIAX et ADOLF WEIHE.

5° *Kunststoff-Taschenbuch*, begründet VON F. PABST, neu bearbeitet VON HJ. SAECHTLING und W. ZEBROWSKI. 8 Ausgabe.

6° *Izvestia Akademii naouk SSSR*. Otdelenie teknitcheskik naouk. I.

Il signale également un fascicule polycopié : Harvard College Observatory. The American Association of variable star observers. *Quarterly report*, n° 1.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Développements en séries entières des fonctions de Legendre et associées de Legendre, au voisinage de chacun des points singuliers* ± 1. Note de M. **LOUIS ROBIN**, présentée par M. Henri Villat.

On donne des formules qui complètent celles du traité bien connu de Hobson : *Spherical and ellipsoïdal Harmonics*, Cambridge, 1931, p. 220-227.

Dans ce qui suit, sauf au paragraphe 7 ou convention expresse, μ est supposé hors de la coupure du plan complexe, le long du demi-axe réel $(-\infty, +1)$.

1. La première formule de transformation de Gauss-Goursat permet, n et m étant des nombres quelconques, réels ou complexes, et μ tel que $|\mu+1|<2$, d'obtenir le développement qui suit de la fonction associée, de première espèce

$$(1)\quad P_n^m(\mu)=\frac{(-m-1)!}{(n-m)!\,(-n-m-)}\left(\frac{\mu+1}{\mu-1}\right)^{\frac{m}{2}}F\left(-n,\,n+1;\;1+m;\frac{\mu+1}{2}\right)$$
$$-\frac{\sin n\pi}{\pi}(m-1)!\,e^{\mp im\pi}\left(\frac{\mu-1}{\mu+1}\right)^{\frac{m}{2}}F\left(-n,\,n+1,\;1-m;\frac{\mu+1}{2}\right),$$

où F désigne la fonction hypergéométrique, $x!=\Gamma(x+1)$, et où les signes supérieur et inférieur $(\mp)$ sont, respectivement, à utiliser pour l'exponentielle, suivant que la partie imaginaire de μ est positive ou négative.

2. Pour m réel, entier et n quelconque, (1) est indéterminée.

Supposant d'abord $m\to 0$, nous avons obtenu la formule suivante, à partir de (1), au moyen de développements limités des différents termes du second membre de cette formule, au voisinage de $m=0$:

$$(2)\quad P_n(\mu)=\frac{\sin n\pi}{\pi}\left[\log\frac{1+\mu}{1-\mu}+2\psi(n)+\pi\cot n\pi\right]F\left(-n,\,n+1;\;1;\frac{\mu+1}{2}\right)$$
$$-2\sum_{p=0}^{\infty}\frac{(n+p)!\,\psi(p)}{(n-p)!\,(p!)^2}\left(-\frac{\mu+1}{2}\right)^p,$$

avec $\psi(x) = d\log(x!)/dx$ étant seulement assujetti à $|\mu+1|<2$, pouvant donc être réel et compris entre -1 et $+1$.

On peut aussi, par ce procédé, retrouver directement la formule de Hille, sous une forme un peu simplifiée.

3. Pour m entier, positif, $|\mu+1|<2$, nous avons trouvé par la même méthode de passage à la limite

$$(3)\quad P_n^m(\mu)=\frac{(n+m)!}{(n-m)!}\left(\frac{(-2)^m}{(\mu^2-1)^{\frac{m}{2}}}\sum_{p=0}^{m-1}\frac{(m-p-1)!\left(-\frac{\mu+1}{2}\right)^p}{p!(m+n-p)!(m-n-p-1)!}+\frac{\sin n\pi}{\pi}\left(\frac{\mu+1}{\mu-1}\right)^{\frac{m}{2}}\right.$$
$$\times\left\{\frac{1}{m!}\log\frac{\mu+1}{2}F\left(-n,n+1;1+m;\frac{\mu+1}{2}\right)\right.$$
$$+\sum_{p=0}^{\infty}\frac{(n+p)!\left(-\frac{\mu+1}{2}\right)^p}{p!(n-p)!(m+p)!}$$
$$\left.\left.\times[\psi(p+n)+\psi(p-n-1)-\psi(p+m)-\psi(p)]\right\}\right).$$

Pour m entier, négatif, le développement correspondant est obtenu immédiatement par la formule qui relie P_n^m et P_n^{-m}.

4. Pour n et m quelconques, la formule qui relie $P_n^m(\mu)$, $P_n^m(-\mu)$ et $Q_n^m(\mu)$ permet d'avoir le développement suivant, valable pour $|\mu-1|<2$:

$$(4)\quad Q_n^m(\mu)=\frac{e^{im\pi}}{2}\left[(m-1)!\left(\frac{\mu+1}{\mu-1}\right)^{\frac{m}{2}}F\left(-n,n+1;1-m;\frac{1-\mu}{2}\right)\right.$$
$$\left.+\frac{(n+m)!(-m-1)!}{(n-m)!}\left(\frac{\mu-1}{\mu+1}\right)^{\frac{m}{2}}F\left(-n,n+1;1+m;\frac{1-\mu}{2}\right)\right].$$

Le développement correspondant, valable pour $|\mu+1|<2$, s'obtient au moyen de la formule qui relie $Q_n^m(\mu)$ et $Q_n^m(-\mu)$.

5. Pour m réel, entier et n quelconque ou entier, (4) est indéterminée.

Pour $m\to 0$, nous avons trouvé, par la même méthode de passage à la limite qu'au paragraphe 2, pour n quelconque et $|\mu-1|<2$:

$$(5)\quad Q_n(\mu)=\frac{1}{2}\log\frac{\mu+1}{\mu-1}F\left(-n,n+1;1;\frac{1-\mu}{2}\right)$$
$$+\sum_{p=0}^{\infty}\frac{(n+p)!}{(n-p)!}\frac{\left(\frac{\mu-1}{2}\right)^p}{p!}[\psi(p)-\psi(n)].$$

La simplification est immédiate pour n entier, positif ou nul et μ quelconque, (mais non réel et compris entre -1 et $+1$).

Même moyen d'obtention des développements en fonction de $(\mu+1)/2$, qu'à la fin du paragraphe 4.

6. Le procédé de passage à la limite nous a donné, pour m entier, positif et n quelconque.

$$(6)\quad Q_n^m(\mu)=\frac{1}{2}\left\{(-1)^m\left(\frac{\mu+1}{\mu-1}\right)^{\frac{m}{2}}\sum_{p=0}^{m-1}\frac{(n+p)!\,(m-p-1)!}{(n-p)!\,p!}\left(\frac{1-\mu}{2}\right)^p+\frac{(n+m)!}{(n-m)!}\left(\frac{\mu-1}{\mu+1}\right)^{\frac{m}{2}}\right.$$
$$\times\left\{\frac{1}{m!}\left[\log\frac{\mu+1}{\mu-1}-\varphi(n+m)-\psi(n-m)\right]\right.$$
$$\times F\left(-n,\,n+1;\,1+m;\,\frac{1-\mu}{2}\right)$$
$$\left.+\sum_{p=0}^{\infty}\frac{(n+p)!\,\psi(m+p)}{(n-p)!\,p!\,(m+p)}\left(\frac{\mu-1}{2}\right)^p\right\}$$
$$\left.+\frac{(\mu^2-1)^{\frac{m}{2}}}{2^m}\sum_{p=0}^{\infty}\frac{(n+m+p)!\,\psi(p)}{(n-m-p)!\,p!\,(m+p)!}\left(\frac{\mu-1}{2}\right)^p\right\}.$$

La simplification est encore immédiate pour n entier, $\geq m$.

Même moyen qu'à la fin du paragraphe 4 d'obtention des développements en $(\mu+1)/2$.

Pour m entier, négatif, utilisation de la formule qui relie Q_n^m et Q_n^{-m}.

Pour m entier, positif et n entier, positif ou nul, tels que $m-n-1\geq 0$, $Q_n^m(\mu)$ est une fonction algébrique et l'on a facilement ses développements commodes aux voisinages respectifs de $\mu=\pm 1$.

7. Pour $\mu=\cos\theta$, réel et compris entre -1 et $+1$, on trouve les développements, qui correspondent aux formules des paragraphes précédents, à partir de celles-ci et au moyen des formules de définition de $P_n^m(\cos\theta)$ et de $Q_n^m(\cos\theta)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Généralisation de la transformation de Stieltjes itérée : transformation d'ordre quelconque.* Note de M. **Pierre Barrucand**, présentée par M. Henri Villat.

Posons

$$(1)\qquad f_{n+1}(t)=\int_0^\infty\frac{f_n(x)}{t+x}\,dx=\int_0^\infty f_n(tx)\,\frac{dx}{1+x}.$$

Nous avons

$$(2)\qquad f_n(t)=\int_0^\infty f_0(tx)\,\omega_n(x)\,dx$$

et $\omega_n(x)$ est le noyau de Stieltjes d'ordre n. On peut généraliser et définir la transformation et le noyau de Stieltjes d'ordre α si $R(\alpha)>0$.

On a, en effet,

$$\int_0^\infty\omega_n(x)\,x^{s-1}\,dx=(\pi\operatorname{cosec}\pi s)^n\qquad[0<R(s)<1]$$

et nous pouvons donc définir

(3) $$\omega_\alpha(x) = \frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}\left(\frac{\pi}{\sin \pi s}\right)^\alpha x^{-s}\, ds \qquad [0 < c < 1].$$

Donc si

$$x = e^{-\pi\lambda}; \qquad \omega_\alpha(x) = \frac{(2\pi)^{\alpha-1}}{\sqrt{x}}\int_{-\infty}^{-\infty}\frac{e^{-i\pi\lambda t}}{(e^{\pi t}+e^{-\pi t})^\alpha}\, dt$$

soit

$$\omega_\alpha(x) = (2\pi)^{\alpha-2}x^{-\frac{1}{2}}\int_0^\infty (1+y)^{-\alpha}y^{\frac{\alpha}{2}-\frac{i\lambda}{2}-1}\, dy.$$

Mais comme

$$\int_5^\infty y^{s-1}(1+y)^{-\alpha}\, dy = \frac{\Gamma(s)\Gamma(\alpha-s)}{\Gamma(\alpha)},$$

on a donc

(4) $$\omega_\alpha(x) = \frac{(2\pi)^\alpha\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}+\frac{i\log x}{2\pi}\right)\Gamma\left(\frac{\alpha}{2}-\frac{i\log x}{2\pi}\right)}{4\pi^2\sqrt{x}\,\Gamma(\alpha)}.$$

La théorie générale de la transformation de Mellin nous fournit immédiatement

(5) $$\int_0^\infty \omega_\alpha(tx)\,\omega_\beta(x)\, dx = \omega^{\alpha+\beta}(t)$$

et la relation fonctionnelle $\Gamma(1+s) = s\Gamma(s)$

(6) $$\omega_{\alpha+2}(x) = \frac{(\pi^2\alpha^2+\log^2 x)\,\omega_\alpha(x)}{\alpha(\alpha+1)},$$

d'où

(7) $$\omega_{\alpha+2n}(x) = \prod_{r=0}^{r=n-1}[\pi^2(\alpha^2+r^2)+\log^2 x]\frac{\omega_\alpha(x)}{\alpha(\alpha+1)\ldots(\alpha+2n-1)}.$$

En particulier

(8) $$\omega_{2n+3}(x) = \frac{1}{(1+x)(2n+2)!}\prod_{r=0}^{r=n}[\pi^2(2r+1)^2+\log^2 x],$$

(9) $$\omega_{2n+2}(x) = \frac{\log x}{(x-1)(2n+1)!}\prod_{r=0}^{r=n}(4\pi^2 z^2+\log^2 x).$$

Ces récurrences, analogues aux factorielles, sont beaucoup plus simples que celles fournies par D. Widder [1] et permettent aisément le calcul des noyaux de Stieltjes.

---

[1] *Laplace transform.*, Princeton, 1946 (*voir* bibliographie).

La formule de duplication $\Gamma(s)\Gamma(s+1/2)=2\sqrt{\pi}\,2^{-2s}\Gamma(2s)$ nous fournira enfin

(10) $$\omega_\alpha(x)\,\omega_{\alpha+1}(x)=2.2^{-2\alpha}\frac{\Gamma(2\alpha)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(1+\alpha)}\,\omega_{2\alpha}(x^2)$$

en particulier

(11) $$\omega_{\frac{3}{2}}(x)=\frac{2}{\pi(1+x^2)\,\omega_{\frac{1}{2}}(x)}.$$

De

$$\int_0^\infty \omega_\alpha(x)\,x^{s-1}\,dx=\left(\frac{\pi}{\sin\pi s}\right)^\alpha \qquad [0<R(s)<1],$$

nous conclurons

(12) $$\int_0^\infty \omega_\alpha(tx)\,\omega_\alpha(x)\,\frac{dx}{\sqrt{x}}=\frac{(2\pi)^\alpha}{2}\,\omega_\alpha(\sqrt{t}).$$

Définissant maintenant

$$\xi(\alpha,x)=\frac{1}{2}\psi(\alpha+ix)+\frac{1}{2}\psi(\alpha-ix)$$

et dérivant la fonction $\omega_\alpha(x)$ par rapport à son indice α, on trouve de plus

(13) $$\left\{\begin{array}{l}\displaystyle\int_0^\infty \omega_\alpha(x)\left[\log 2\pi-\psi(\alpha)+\xi\left(\frac{\alpha}{2},\frac{\log x}{2\pi}\right)\right]x^{s-1}\,dx=\left(\frac{\pi}{\sin\pi s}\right)^\alpha\log\left(\frac{\pi}{\sin\pi s}\right)\\ \qquad\qquad [0<R(s)<1],\end{array}\right.$$

et l'on en déduit facilement des intégrales très curieuses telles

(14) $$\int_0^\infty \frac{A+\xi\left(\frac{1}{2},\frac{\log x}{2\pi}\right)}{(1+x)(t+x)}\,dx=\left[A-1+\xi\left(1,\frac{\log t}{2\pi}\right)\right]\frac{\log t}{t-1} \qquad \text{où}\quad A=\log 2\pi+C.$$

Si $R(\alpha)$ la relation (3) devient naturellement fausse, mais les fonctions restent intéressantes à considérer ainsi

$$(2\pi)^{\alpha-2}x^{-\frac{1}{2}}\Gamma\left(-\frac{1}{2}+i\frac{\log x}{2\pi}\right)\Gamma\left(-\frac{1}{2}-i\frac{\log x}{2\pi}\right)=\frac{1}{(1+x)(\pi^2+\log^2 x)}.$$

Partons de

$$\frac{\log(1+x)}{x}=\frac{1}{2\pi i}\int_{c-i\infty}^{c+i\infty}\frac{\pi}{\sin\pi s}\,x^{-s}\frac{ds}{1-s} \qquad (0<c<1),$$

on trouve par un calcul un peu long

(15) $$\int_0^\infty \frac{x^{s-1}}{(1+x)(\pi^2+\log^2 x)}=\frac{\sin\pi s}{\pi}\log(2\sin\pi s)+\left(\frac{1}{2}-s\right)\cos\pi s \qquad [0\leq R(s)\leq 1].$$

(²) E. C. Titchmarsch, *Fourier's Integrals*, Oxford (E. C. P.), 1948.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur certaines classes de fonctions analytiques uniformes sur les surfaces de Riemann.* Note (*) de M. **Michel Parreau**, présentée par M. Paul Montel.

Etude des moyennes d'ordre α d'une fonction analytique sur une surface de Riemann, et des classes de surfaces qui leur correspondent. Fonction caractéristique d'une fonction méromorphe sur une surface de Riemann.

1. Dans une Note précédente [1] j'ai étudié les moyennes des fonctions harmoniques sur une surface de Riemann. Je vais maintenant considérer celles des fonctions analytiques.

Avec les notations de la Note citée, la moyenne d'ordre α d'une fonction analytique uniforme w dans un domaine relativement compact G d'une surface S limité par γ_0 et γ_1 est $m_\alpha(\lambda; w)=\left(\int_{x=\lambda}|w|^\alpha\,dy\right)^{1/\alpha}$. Elle vérifie :

Théorème 1. — $\log m_\alpha(\lambda; w)$ *est une fonction convexe de* λ, *pour tout* $\alpha>0$ [2].

Si G varie de façon que γ_0 reste fixe, les moyennes d'ordre α de w restent bornées lorsque $|w|^\alpha$ admet une majorante harmonique sur S [*cf.* théorème 2 de [1]]. Nous dirons alors que w *possède la propriété* M_α.

Nous dirons en outre que w possède la propriété M_0 si $\log|w|$ admet une majorante harmonique *positive* sur S.

2. Appelons $\mathcal{C}_{AM_\alpha}$ ($\alpha\geqq 0$) la classe des surfaces de Riemann sur lesquelles toute fonction analytique uniforme possédant la propriété M_α est une constante. Pour $0\leqq\alpha\leqq\beta$, on a $\mathcal{C}_{AM_0}\subset\mathcal{C}_{AM_\alpha}\subset\mathcal{C}_{AM_\beta}\subset\mathcal{C}_{AB}$; d'autre part $\mathcal{C}_{HM_\alpha}\subset\mathcal{C}_{AM_\alpha}$ pour $\alpha\geqq 1$.

Si l'on se borne aux surfaces de genre fini, $\mathcal{C}_{AM_0}$ est identique à la classe $\mathcal{C}_0$ des surfaces de frontière nulle. Ce résultat n'est plus vrai dans le cas général; la surface de Riemann F′, construite par M. Myrberg [3] en enlevant un disque C du feuillet supérieur d'une surface hyperelliptique F de genre infini, est de frontière positive, mais appartient à $\mathcal{C}_{AM_0}$. On peut également construire une surface $F''\notin\mathcal{C}_{AM_0}$, mais $\in\mathcal{C}_{AB}$.

A propos de la classification des surfaces de Riemann, nous pouvons énoncer le théorème suivant, donné comme probable par R. Nevanlinna [4], [5].

(*) Séance du 2 octobre 1950.

(1) M. Parreau, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 679.

(2) Ce résultat est bien connu dans le plan (*cf.* divers Mémoires de MM. Hardy, F. Riesz, Julia, Montel).

(3) P. J. Myrberg, *Ann. Acad. Sc. Fenn.*, A. I., 58, 1949.

(4) R. Nevanlinna, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2002.

(5) Pendant la rédaction de cette Note, j'ai pris connaissance d'un Mémoire de L. Ahlfors et A. Beurling (*Acta Math.*, 83, 1950, p. 101), où ce théorème est énoncé pour les surfaces du genre 0.

THÉORÈME 2. — *La classe $\mathcal{C}_{AB}$ est contenue dans la classe $\mathcal{C}_{AD}$.*

Soit en effet $w = f(z)$ une fonction analytique uniforme non constante à intégrale de Dirichlet bornée sur S. Le domaine simple $T = f(S)$ est d'aire finie; $\complement T$ est d'aire infinie, donc *a fortiori* de capacité newtonienne positive, ce qui suffit d'après L. Ahlfors ([6]).

3. Dans le cercle-unité, les fonctions holomorphes qui possèdent la propriété M_0 sont celles dont la caractéristique de Nevanlinna est bornée. Ceci nous amène à définir la caractéristique sur une surface de Riemann S.

Supposons tout d'abord que S soit une surface *régulière*, c'est-à-dire qu'elle possède une fonction de Green $g(z, \zeta)$ dont toutes les courbes de niveau soient compactes. Pour $a \in S$, posons $D_\lambda = \{g(z, a) > \lambda\}$, $C_\lambda = \{g(z, a) = \lambda\}$. Soit $w = f(z)$ une fonction méromorphe sur S; sa caractéristique sera la fonction

$$T_a(\lambda) = m_a(\lambda, f) + N_a(\lambda, f) = \frac{1}{2\pi}\int_{C_\lambda} \overset{+}{\log}|f(z)|\,dh(z) + \sum_{\zeta_j \in D_\lambda} [g(\zeta_j, a) - \lambda],$$

les ζ_j étant les pôles de f, et $-h$ la fonction conjuguée de $g(z, a)$.

$T_a(\lambda)$ joint des propriétés classiques de la fonction caractéristique; on a notamment $T_a(\lambda, f) = T_a(\lambda, 1/f) + \text{const.}$, d'après la formule de Green-Nevanlinna. Si l'on appelle défaut d'une valeur w la quantité

$$\delta(w) = 1 - \limsup_{\lambda \to 0} \frac{N_a(\lambda, w)}{T_a(\lambda)} \qquad \left[\text{où } N_a(\lambda, w) = N_a\left(\lambda, \frac{1}{f - w}\right)\right],$$

on obtient un théorème dû à O. Frostman ([7]) dans le cas classique.

Si la fonction caractéristique de f n'est pas bornée, l'ensemble des valeurs déficientes est de capacité intérieure nulle.

En particulier, l'ensemble des valeurs lacunaires d'une fonction méromorphe de caractéristique non bornée est de capacité nulle.

Ces résultats s'étendent à une surface de Riemann quelconque. En effet, pour tout domaine relativement compact G à frontière régulière et contenant a, on peut définir une fonction caractéristique $T_a(\lambda, f; G)$. On posera alors

$$T_a(G, f) = T_a(0, f; G), \qquad N_a(G; w) = N_a(0, f; G).$$

Le défaut, ici défini par $\delta(w) = 1 - \limsup_{G \to S} [N_a(G; w)/T_a(G)]$, possède encore les propriétés indiquées

Remarquons pour terminer que le théorème de Frostman révèle une certaine parenté entre la classe C_{AM_0} et la classe C_{HB}, puisque toute fonction analytique uniforme non constante sur une surface appartenant à l'une ou l'autre de ces

---

([6]) *Bounded analytic functions* (*Duke, Math. J.*, **14**, 1947, p. 1).

([7]) *Potentiel d'équilibre et capacité des ensembles*, Lund, 1935.

classes prend toutes valeurs, sauf celles d'un ensemble de capacité nulle. Elles ne sont cependant pas identiques, comme le montre l'exemple de M. Myrberg. Reste à savoir si $C_{HB} \subset C_{AM_0}$.

TOPOLOGIE. — *Topologie, uniformité, écart abstrait.*

Note (*) de M. ANTOINE APPERT, présentée par M. Jacques Hadamard.

Dans deux Notes précédentes [1], [2] dont nous adoptons la terminologie, nous avons défini la notion de *topologie généralisée*, et nous avons introduit les notions de *famille uniformisante généralisée* et d'*écart généralisé*. Nous voulons ici préciser les relations entre les axiomes portant sur ces notions.

Nous appelons *espace* $(P, \mathfrak{T}, \mathfrak{U}, \delta)$ tout espace P auquel on associe une topologie généralisée $\mathfrak{T}$ dans P, une famille uniformisante généralisée $\mathfrak{U}$ dans P et un écart généralisé δ dans P. Les termes d'*espace* $(P, \mathfrak{T}, \delta)$, d'*espace* $(P, \mathfrak{U})$, etc., s'entendent d'eux-mêmes. Deux de ces espaces sont dits *topologiquement identiques* s'ils ont même P et même $\mathfrak{T}$, *uniformément identiques* s'ils ont même P et même $\mathfrak{U}$, *métriquement identiques* s'ils ont même P et même δ. Les axiomes que l'on peut imposer à ces espaces se classent en *axiomes topologiques* : ceux qui portent seulement sur P et $\mathfrak{T}$; en *axiomes d'uniformité* : ceux qui portent seulement sur P et $\mathfrak{U}$; en *axiomes métriques* : ceux qui portent seulement sur P et δ; en *axiomes mixtes* : ceux qui portent à la fois sur plusieurs des objets $\mathfrak{T}$, $\mathfrak{U}$ et δ. Nous avons énoncé [1], [3] les axiomes topologiques I, II, III, T, α, D, T_1, T'_3 T''''_3, C^{**}, C^*, K. Soit encore l'axiome topologique suivant [4].

C. (se déduit de C^{**} en y remplaçant *semi-continue supérieurement* par *continue*).

Nous avons énoncé [1] les axiomes d'uniformité u_2^*, u_2^{**}, u_3^*, u_3, u_4, u_5^*, u_5. Soient encore les axiomes d'uniformité suivants :

u_2^{***}. $\mathfrak{U}$ *est inclusive dans* $P \times P$;

u_2^{****}. $\mathfrak{U}$ *est non vide*;

u_3^{**}. *Tout élément de* $P \times P$ *qui appartient à tout ensemble de* $\mathfrak{U}$, *est élément de* Δ_P.

Nous avons énoncé [2] les axiomes métriques $\mathcal{E}_2^*$, $\mathcal{E}_2^{**}$, $\mathcal{E}_3^*$, $\mathcal{E}_3^{**}$, $\mathcal{E}_4$, $\mathcal{E}_5^*$, $\mathcal{E}_5$. Nous avons énoncé [1] [2] les axiomes mixtes u_1, $\mathcal{E}_0$, $\mathcal{E}_1$. Nous disons que $\mathfrak{T}$ et $\mathfrak{U}$ sont *compatibles* si u_1 est vérifié, que $\mathfrak{U}$ et δ sont *compatibles* si $\mathcal{E}_0$ est vérifié, que $\mathfrak{T}$ et δ sont *compatibles* si $\mathcal{E}_1$ est vérifié. Tout espace $(P, \mathfrak{U})$ est uniformément identique à un et un seul espace $(P, \mathfrak{T}, \mathfrak{U})$ vérifiant u_1. Quand u_1 est vérifié, il reste vérifié lorsqu'on remplace $\mathfrak{U}$ par une famille quelconque inclusivement équivalente à $\mathfrak{U}$. Nous appelons *espace uniforme*

(*) Séance du 2 octobre 1950

[1] A. APPERT, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 986-988.

[2] A. APPERT, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 442-444.

[3] A. APPERT, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 865-867. Nous adoptons la terminologie de cette Note.

[4] C est l'axiome de Tychonoff. Pour donner un sens dans un espace $(P, \mathfrak{T})$ quelconque aux axiomes C, C^*, C^{**} et K, nous supposons que l'on a remplacé partout dans les définitions des fonctionnelles continues et semi-continues (A. APPERT, *Propriétés des espaces abstraits les plus généraux*, Paris, 1934, p. 100, ligne 20 et p. 101, ligne 21) le mot *voisinage* par *entourage*.

généralisé tout espace $(P, \mathcal{T}, \mathcal{U})$ vérifiant u_1 et u_2^{***}. Tout espace $(P, \mathcal{T}, \mathcal{U})$ vérifiant u_1 est topologiquement identique ([5]) à un et un seul espace uniforme généralisé dont la famille uniformisante généralisée soit inclusivement équivalente à $\mathcal{U}$.

Nous avons appelé *espace écarté généralisé* tout espace $(P, \mathcal{T}, \mathcal{U}, \delta)$ vérifiant $\mathcal{E}_0$ et $\mathcal{E}_1$. Tout espace (P, δ) est métriquement identique à un et un seul espace écarté généralisé. On a ([2]) toujours $[\mathcal{E}_0 \;\&\; \mathcal{E}_1] \rightarrow u_1$, et $\mathcal{E}_0 \rightarrow u_2^{***}$. Donc tout espace écarté généralisé est un espace uniforme généralisé.

Nous avons établi les propriétés contenues dans les six *tableaux* suivants ([6]). *Le tableau* 1 *est valable dans tout espace* $(P, \mathcal{T})$. *Le tableau* 2 *est valable dans tout espace* $(P, \mathcal{U})$. *Le tableau* 3 *est valable dans tout espace* (P, δ). *Les tableaux* 1, 2 *et* 4 *sont valables dans tout espace uniforme généralisé. Les tableaux* 2, 3 *et* 5 *sont valables dans tout espace* $(P, \mathcal{U}, \delta)$ *vérifiant* $\mathcal{E}_0$. *Les tableaux* 1, 3 *et* 6 *sont valables dans tout espace* $(P, \mathcal{T}, \delta)$ *vérifiant* $\mathcal{E}_1$. *Donc tous les six tableaux sont valables dans tout espace écarté généralisé.*

TABLEAU 1.

$$C \rightarrow C^{*} \rightarrow C^{**}; \quad D \rightarrow K \rightarrow [C \rightleftharpoons C^{*}]; \quad I \rightarrow \big[T \rightleftharpoons [III \;\&\; \alpha]\big];$$
$$III \rightarrow [T'_3 \rightleftharpoons T''''_3]; \quad [III \;\&\; C^{*}] \rightarrow T'_3; \quad [III \;\&\; C^{**}] \rightarrow T.$$

TABLEAU 2.

$$u_2^{*} \rightleftharpoons [u_2^{***} \;\&\; u_2^{****}]; \quad u_3 \rightleftharpoons [u_2^{****} \;\&\; u_3^{*} \;\&\; u_3^{**}]; \quad [u_2^{**} \;\&\; u_5^{*}] \rightarrow u_5 \rightarrow u_5^{*}.$$

TABLEAU 3.

$$[\mathcal{E}_2^{**} \;\&\; \mathcal{E}_5] \rightarrow \mathcal{E}_5 \rightarrow \mathcal{E}_5^{*}.$$

TABLEAU 4.

$$u_1,\ u_2^{***},\ III \text{ sont vérifiés}; \quad u_2^{*} \rightleftharpoons u_2^{****} \rightleftharpoons II; \quad u_2^{**} \rightarrow D; \quad u_3^{*} \rightleftharpoons I;$$
$$u_3^{**} \rightleftharpoons T_1; \quad u_5^{*} \rightarrow T; \quad [u_3^{*} \;\&\; u_5^{*}] \rightarrow C^{**}; \quad [u_3^{*} \;\&\; u_4 \;\&\; u_5^{*}] \rightarrow C^{*}.$$

TABLEAU 5.

$$\mathcal{E}_0,\ u_2^{***} \text{ sont vérifiés}; \quad \mathcal{E}_2^{*} \rightleftharpoons u_2^{****} \rightleftharpoons u_2^{*}; \quad \mathcal{E}_2^{**} \rightarrow u_2^{**}; \quad \mathcal{E}_3^{*} \rightleftharpoons u_3^{*};$$
$$\mathcal{E}_3^{**} \rightleftharpoons u_3^{**}; \quad \mathcal{E}_4 \rightarrow u_4; \quad \mathcal{E}_3^{*} \rightarrow u_5^{*}.$$

TABLEAU 6.

$$\mathcal{E}_1,\ III \text{ sont vérifiés}; \quad \mathcal{E}_2^{*} \rightleftharpoons II; \quad \mathcal{E}_2^{**} \rightarrow D; \quad \mathcal{E}_3^{*} \rightleftharpoons I; \quad \mathcal{E}_3^{***} \rightleftharpoons T;$$
$$\mathcal{E}_5^{*} \rightarrow T; \quad [\mathcal{E}_3^{*} \;\&\; \mathcal{E}_5^{*}] \rightarrow C^{**}; \quad [\mathcal{E}_3^{*} \;\&\; \mathcal{E}_4^{*} \;\&\; \mathcal{E}_5^{*}] \rightarrow C^{*}.$$

([5]) Aussi pensons-nous qu'il y aurait intérêt à se borner à la considération des familles $\mathcal{U}$ vérifiant u_2^{***}.

([6]) Une petite partie des relations logiques contenues dans ces *tableaux* ont déjà été énoncées par nous antérieurement, mais la plupart sont nouvelles. L'axiome u_2^{****} a dû être introduit dans la seconde des relations du *tableau* 2, parce que nous convenons de n'attribuer aucun sens à l'intersection d'une famille vide d'ensemble.

Le *tableau* 1 se simplifie quand III est vérifié, ce qui arrive dans tout espace uniforme généralisé, dans tout espace (P, $\mathcal{V}$, δ) vérifiant $\mathcal{E}_1$, et donc dans tout espace écarté généralisé. En combinant entre elles les formules des *tableaux* ci-dessus, on obtient immédiatement diverses conditions suffisantes pour que C, ou T'_3, ou T''''''_3 soit vérifié.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur la compatibilité des lois de probabilité.* Note de M. **Jean Bass**, présentée par M. Henri Villat.

Soient X, Y, Z trois variables aléatoires, L_{123} la loi de probabilité (l. p.) de (X, Y, Z), L_{23}, L_{31}, L_{12} les l. p. des couples (Y, Z), (Z, X), (X, Y), L_1, L_2, L_3 les l. p. de X, de Y et de Z. Ces lois satisfont à diverses conditions de positivité et d'additivité qui entraînent que, si l'on se donne trois l. p. à deux variables, elles ne sont pas nécessairement les l. p. L_{23}, L_{31}, L_{12} des combinaisons deux à deux de trois variables aléatoires X, Y, Z, c'est-à-dire les lois marginales d'une même l. p. L_{123} à trois variables. Il y a des *conditions de compatibilité*.

Certaines sont banales : il faut par exemple que L_{23} et L_{31} entraînent la même loi L_3 pour Z. D'autres sont plus remarquables. On sait par exemple que, si X, Y, Z ont des moments d'ordre 2, les trois coefficients de corrélation de ces trois variables prises deux à deux sont les cosinus des faces d'un trièdre. Plus généralement, *pour que les trois lois* L_{23}, L_{31}, L_{12} *soient compatibles, il faut que la forme quadratique*

$$(1)\qquad \varphi = \mathcal{M}\,|\lambda f(X) + \mu g(Y) + \nu h(Z)|^2,$$

à trois variables λ, μ, ν, *soit définie positive quelles que soient les fonctions* f, g, h *mesurables bornées*, $\mathcal{M}$ désignant l'opération de valeur moyenne.

On peut d'ailleurs se limiter au cas où les variables aléatoires $f(X)$, $g(Y)$, $h(Z)$ sont *normées*, et ramener la condition à un problème de minima. Cette condition contient de nombreux cas particuliers remarquables. Si par exemple on prend

$$f(X) = \exp(i\alpha X), \qquad g(Y) = \exp(i\beta Y), \qquad h(Z) = \exp(i\gamma Z),$$

où α, β, γ sont trois paramètres réels, on trouve que les valeurs moyennes de

$$(2)\qquad \cos(\beta Y - \gamma Z), \qquad \cos(\gamma Z - \alpha X), \qquad \cos(\alpha X - \beta Y)$$

sont les cosinus des faces d'un trièdre, ainsi que celles de

$$\cos(\beta Y - \gamma Z), \qquad \sin(\gamma Z - \alpha X), \qquad -\sin(\alpha X - \beta Y).$$

Ces quantités sont liées aux *fonctions caractéristiques* de L_{23}, L_{31}, L_{12}.

Mais la condition ci-dessus n'est pas suffisante. Montrons-le sur un cas particulier. Supposons que X, Y, Z prennent respectivement deux valeurs x_1, x_2;

y_1, y_2; z_1, z_2, avec les probabilités a, $1-a$; b, $1-b$; c, $1-c$. Désignons les probabilités des lois L_{ij} par

Loi L_{23} (Y, Z) : $p,\quad b-p,\quad c-p,\quad 1+p-b-c$;
Loi L_{31} (Z, X) : $q,\quad c-q,\quad a-q,\quad 1+q-c-a$;
Loi L_{12} (X, Y) : $r,\quad a-r,\quad b-r,\quad 1+r-a-b$.

p, q, r vérifient les conditions banales

(3) $b+c-1\leqq p\leqq \min(b,c),\quad c+a-1\leqq q\leqq \min(c,a),\quad a+b-1\leqq r\leqq \min(a,b).$

Les huit probabilités de la loi L_{123} (X, Y, Z) s'expriment en fonction d'un nouveau paramètre ω ([1]). Ce sont :

$$(4)\quad \begin{cases} q-\omega, & r-q+\omega, & \omega, & a-r-\omega; \\ p-q+\omega, & b-r-p+q-\omega, & c-p-\omega, & 1-a-b-c+p+r+\omega. \end{cases}$$

Or la compatibilité est ici facile a écrire. En plus de (3), il faut et il suffit qu'il existe un ω au moins rendant les probabilités (4) positives et inférieures à 1, d'où les conditions

(5) $q+r-p\leqq a,\quad r+p-q\leqq b,\quad p+q-r\leqq c,\quad p+q+r\geqq a+b+c-1.$

En langage géométrique, une fois a, b, c choisis, le point de coordonnées p, q, r doit se trouver dans le *domaine* D intérieur à la fois à un parallélépipède et à un tétraèdre définis par (3) et (5).

Or, pour écrire la condition (1), il faut ici remplacer les *fonctions arbitraires f, g, h* par un *ensemble arbitraire de valeurs* bornées de X, Y, Z. Si l'on pose $x_1-x_2=u$, $y_1-y_2=v$, $z_1-z_2=w$, on ramène aisément φ à la forme quadratique

$$(6)\qquad \psi = au^2+bv^2+cw^2+2pvw+2qwu+2ruv-(au+bv+cw)^2.$$

Posons

$$\sqrt{a(1-a)}\,(p-bc)=X,\qquad \sqrt{b(1-b)}\,(q-ca)=Y,\qquad \sqrt{c(1-c)}\,(r-ab)=Z,$$
$$\sqrt{abc(1-a)(1-b)(1-c)}=H.$$

ψ est définie positive si

$$(7)\qquad \Delta = H^2+\frac{2}{H}XYZ-X^2-Y^2-Z^2>0.$$

Or il existe des régions *extérieures au domaine de compatibilité* D, et où $\Delta>0$. Si l'on prend *par exemple*

$$a=0,5,\quad b=0,33,\quad c=0,67,\quad p=0,22,\quad q=0,46,\quad r=0,27,$$

il y a incompatibilité, car $q+r-p>a$, et cependant ψ est définie positive.

([1]) Des formules analogues sont faciles à écrire dans le cas plus général où X, Y, Z prennent un nombre arbitraire n de valeurs. Mais leur exploitation directe en vue de la recherche des conditions de compatibilité semble difficile.

ASTROPHYSIQUE. — *Calcul d'un modèle d'atmosphère stellaire turbulente.* Note de Mme **Micheline Baroin** et M. **Évry Schatzman**, présentée par M. André Danjon.

Le calcul d'un modèle d'atmosphère stellaire où existent de grandes vitesses d'agitation a été fait pour une étoile correspondant approximativement à η Aquilæ. Le modèle est en accord avec les résultats des interprétations du spectre des étoiles dites à atmosphère turbulente, et en particulier de δCMa par Struve et Unsöld.

1° L'étude de la supergéante η Aquilæ, de spectre CG4 (1), a conduit à admettre que l'atmosphère de cette étoile est agitée de mouvements turbulents de grande échelle (macroturbulence). Nous avons supposé cette turbulence produite par la propagation d'ondes de choc de grande amplitude (2), (3), et nous avons calculé un modèle d'atmosphère où se propagent de telles ondes de choc et dont les caractéristiques se rapprochent autant que possible de celles de η Aquilæ.

2° Les hypothèses nouvelles introduites dans le calcul sont les suivantes :

a. A la pression gazeuse figurant ordinairement dans l'équation d'équilibre hydrostatique, il faut ajouter la pression d'agitation ρw^2 (w = vitesse des particules matérielles au front de l'onde de choc = vitesse turbulente).

b. La dissipation des ondes de choc en chaleur apporte une certaine quantité d'énergie, qui modifie le flux de radiation. La vitesse turbulente étant supposée uniquement radiale, l'équation de dissipation du flux d'énergie acoustique prend la forme (4)

$$\frac{d(\rho V w^2)}{dr} = -\frac{w^3}{Vt} \quad \text{avec} \quad V^2 = 3w^2 + 1,2\frac{RT}{\mu} \quad (^3),$$

V est la vitesse de propagation du son dans le milieu considéré.

A partir de la solution approchée linéaire de l'équation de transfert, et en introduisant la nouvelle variable $\varepsilon = dF/d\tau = -[d(\rho V w^2)]/dr\ (dr/d\tau)$ qui représente la génération d'énergie (F = flux de radiation), nous avons obtenu l'équation donnant la température :

$$T^4 = T_0^4\left(1 + \frac{3\tau}{2}\right) - \frac{\varepsilon}{4\sigma} + \frac{3}{4\sigma}\int_0^\tau d\tau \int_0^\tau \varepsilon\, d\tau.$$

Le coefficient d'absorption $\varkappa$ a été pris dans les tables de Strömgren (5).

(1) B. Schwarzschild, M. Schwarzschild et W. S. Adams, *Ap. J.*, **108**, 1948, p. 207.

(2) E. Schatzman, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 814.

(3) E. Schatzman, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 738.

(4) E. Schatzman, *Ann. Astroph.*, **12**, 1949, p. 203.

(5) B. Strömgren, *Publ. Obs. Copenhague*, n° **138**, 1944.

Nous avons choisi les valeurs initiales $T = 6000°$, $\log P = 1,50$ et $W = 4.10^6$ cm/sec, en prenant $t = 2.10^4$ sec, $g = 100$ cm/sec^{-2}, $A = 1000$. Nous avons calculé les intégrales par la méthode d'Adams, en prenant pour intervalle d'intégration $d(\log P) = 0,05$, depuis $\log P = 1,50$ jusqu'à $\log P = 2,20$, puis $d(\log P) = 0,1$. Le calcul de chaque ligne a dû être fait par une méthode d'itération, à partir des valeurs extrapolées de deux grandeurs convenablement choisies.

3° *Résultats* (voir tableau).

log P.	T.	$\rho.10^{11}$.	x.	$\varkappa$.	τ.	$W.10^5$.
1,50..........	6000	0,191	0,0631	0,0048	–	40
1,60..........	5961	0,279	0,0480	0,0045	0,0004	37,1
1,70..........	5914	0,415	0,0353	0,0042	0,0008	34,0
1,80..........	5862	0,628	0,0254	0,0040	0,0014	30,9
1,90..........	5806	0,967	0,0178	0,0038	0,0020	27,8
2,00..........	5750	1,51	0,0123	0,0037	0,0028	24,8
2,10..........	5693	2,38	0,0083	0,0036	0,0037	22,0
2,20..........	5639	3,77	0,0056	0,0037	0,0049	19,3
2,30..........	5590	6,00	0,0038	0,0040	0,0064	17,0
2,40..........	5554	9,46	0,0026	0,0045	0,0086	14,9
2,50..........	5529	14,8	0,0019	0,0052	0,0118	13,0
2,60..........	5517	22,7	0,0014	0,0063	0,0165	11,4
2,70..........	5516	34,4	0,0010	0,0080	0,0237	10,1
2,80..........	5531	51,0	0,0008	0,0105	0,0358	8,9
2,90..........	5563	74,0	0,0007	0,0141	0,0555	7,9
3,00..........	5624	105	0,0007	0,0193	0,0896	7,1
3,10..........	5728	146	0,0008	0,0269	0,149	6,3
3,20..........	5902	198	0,0012	0,0414	0,253	5,7
3,30..........	6224	258	0,0025	0,0835	0,473	5,2
3,40..........	6958	315	0,0104	0, 346	1,117	4,8

a. La température passe par un minimum pour $\tau = 0,02$.

b. Les valeurs élevées de la vitesse turbulente w sont limitées à une couche de très faible épaisseur optique au-dessus de la photosphère. Dans la photosphère proprement dite, w n'est que de 5 à 10 km/sec. Ce résultat concorde avec l'hypothèse émise au sujet de δ Canis Majoris (c F 8) par Struve et Unsöld [6] pour expliquer à la fois la courbe de croissance et les contours de raies de cette étoile.

---

[6] *Ap. J.*, 110, 1949, p. 455.

PYROTECHNIE. — *Détonation des explosifs par étincelle électrique condensée.* Note (*) de MM. **Jacques** et **James Basset**, présentée par M. Maurice de Broglie.

La décomposition détonante des explosifs secondaires comme la penthrite, peut être déclenchée par amorçage au moyen d'un explosif détonant, ou par un choc violent comme celui produit par une balle de fusil.

Ces excitations déchaînantes peuvent être remplacées par l'action d'une étincelle électrique d'énergie suffisante. Si ce seuil n'est pas atteint, l'explosif se décompose en brûlant.

Les explosifs secondaires, comme par exemple : la penthrite, l'hexogène ou l'acide picrique, nécessitent un amorçage par un explosif détonant ou un choc très puissant, pour prendre eux-mêmes ce régime de décomposition dont la vitesse de propagation atteint plusieurs milliers de mètres par seconde. Le mécanisme de ces réactions est mal connu.

Ces explosifs se décomposent également suivant un second mode qui est une combustion se propageant thermiquement de proche en proche à la vitesse de quelques millimètres par seconde, sous la pression atmosphérique, cette vitesse s'accélérant suivant une loi sensiblement linéaire de la forme $V = a + bP$ [1], et étant de l'ordre du mètre à la seconde sous des pressions de 10 000 kg/cm² [2].

Nous avons pensé que le mécanisme d'excitation provoquant dans les cortèges électroniques assurant les liaisons le mode de décomposition détonant se propageant en chaîne à grande vitesse, pouvait être déclenché par une cause excitatrice puissante, purement électrique, agissant dans un temps très court, comme celle que peut produire la décharge d'un condensateur traversant l'explosif comprimé en pastilles minces, et pouvant produire également des effets de chocs à très forte énergie cinétique résultant de l'élévation considérable de température.

Nous avons effectivement réussi à faire détoner ces explosifs par ce moyen dans les conditions expérimentales suivantes :

Les essais ont porté sur des charges de 30 milligrammes d'explosifs comprimés sous 5000 kg/cm² en pastilles de 4^{mm} de diamètre. Leur épaisseur est d'environ 1^{mm}. Ces pastilles étant isolantes, leur épaisseur doit être assez faible pour que l'étincelle les traverse et ne les contourne pas.

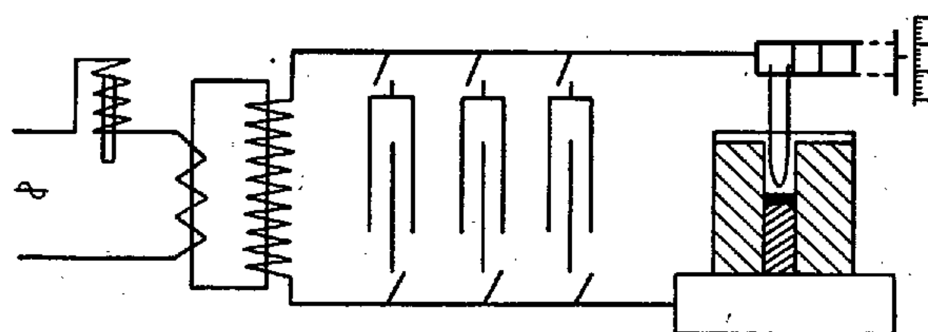
La pastille est disposée au centre d'un bloc de paraffine cylindrique de 20^{mm} de diamètre et d'une égale hauteur (*fig.* 1), disposé sur un socle métallique. Un petit cylindre de cuivre pénètre jusqu'au centre du bloc et reçoit la pastille.

(*) Séance du 25 septembre 1950.

(1) Muraour, *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 1117; *Chim. et Indust.*, **47**, 1942, n° 6, p. 602.

(2) J. et J. Basset, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 649.

Une seconde tige de cuivre épointée pénètre dans le bloc, elle est portée par un dispositif extérieur, isolé, qui permet de régler et de mesurer la distance explosive entre les deux tiges.



Les deux tiges sont connectées aux bornes d'un transformateur de 8 kVA, dont la tension peut être réglée de 2000 à 12000 V au moyen d'une self en série sur le primaire. On peut ainsi régler la tension assurant le jaillissement de l'étincelle entre les deux tiges.

Un condensateur, à nombre d'éléments variables, peut être branché aux bornes haute tension du dispositif. Ce condensateur constitue, avec ses connections et l'éclateur du bloc de paraffine, un circuit oscillant à très courte période permettant des effets extrêmement puissants et de très haute température sur le trajet de l'étincelle à travers l'explosif expérimenté.

On constate qu'à vide, en l'absence d'explosif, la décharge du condensateur, à toutes les tensions possibles, n'a aucune action destructive sur le bloc de paraffine qui reste intact.

Avec la penthrite on constate les phénomènes suivants :

Une étincelle de $1^{mm},8$ sans adjonction de condensateur, produit une décomposition par combustion de l'explosif. Le bloc de paraffine reste intact.

Si l'on introduit dans le circuit une capacité constituée par sept plaques de glace de 5^{mm} séparant des armatures d'aluminium de 7^{dm^2} immergées dans du pétrole, la décharge, sous la même tension, et $1^{mm},8$ d'étincelle, provoque la détonation de la pastille d'explosif et le bloc de paraffine est complètement pulvérisé.

Il existe donc un seuil d'énergie d'excitation qui déclenche le mode détonant de décomposition.

Avec l'hexogène on fait la même constatation, mais la détonation de cet explosif exige une énergie excitatrice plus grande, obtenue soit en augmentant la distance explosive, soit en augmentant la capacité du condensateur, à longueur d'étincelle constante.

D'autre part certains explosifs détonants, comme le fulminate de mercure ou le trinitro-résorcinate de plomb, ne détonent plus mais brûlent thermiquement lorsqu'on les moule en pastilles comprimées sous très hautes pressions. Dans cet état dit *surcomprimé*, l'étincelle électrique condensée assure la décomposition détonante quelle que soit la pression de moulage de l'explosif. L'énergie

électrique d'amorçage étant d'autant plus grande que la pression de moulage surcomprimant l'explosif a été plus considérable. Nos expériences ont porté sur des pastilles moulées sous des pressions allant jusqu'à 25 000 kg/cm², l'action de la pression de moulage reste constante au delà de 15 000 kg/cm².

Muraour et Demay ont par ailleurs montré que le fulminate de mercure surcomprimé détonait sous l'action d'un amorçage classique suffisant ([3]).

L'amorçage de la décomposition détonante par étincelle peut expliquer certaines combustions très rapides, à vitesse non mesurable, constatées dans nos mesures de la vitesse de combustion des poudres sous pression, ayant fait l'objet d'une Note précédente ([2]). Une étincelle d'amorçage pouvant se produire à la surface d'un bâtonnet de poudre par la rupture du fil incandescent de mise à feu.

MAGNÉTISME. — *Remarques sur la Note de M. André Meyer sur les coefficients gyromagnétiques en u. e. m. du fer, du nickel, du cobalt et de quelques-uns de leurs alliages.* Note de M. **Samuel Jackson Barnett**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans deux Notes récentes ([1]), M. A. Meyer a publié les résultats de quelques expériences sur les coefficients gyromagnétiques du fer, du nickel, et de quatre alliages de fer, nickel, cobalt. Il n'a pu mesurer le coefficient pour le cobalt à cause des limitations de sa méthode.

Pour chaque substance avec laquelle il a réussi, il a trouvé, compte tenu des erreurs d'expériences estimées comme d'habitude à moins de 1 %, mais dépassant 3 % dans le cas d'un alliage, $\rho = 1{,}00$. Il a fait trois mesures pour le fer, deux mesures pour le nickel, trois pour l'alliage restant.

D'autre part, dans quatre séries de recherches concordantes et très étendues (les dernières non encore publiées) faites dans mes Laboratoires sur le fer, le nickel, le cobalt, et même nombre de leurs alliages binaires, on a trouvé comme valeurs approchées de ρ : 1,03 pour le fer, 1,05 pour le nickel, 1,09 pour le cobalt.

Dans chaque série d'alliage : FeNi, FeCo, NiCo, on a trouvé que ρ toujours supérieur à 1, croît linéairement en fonction de la concentration.

Il serait incorrect d'entreprendre une discussion avant que M. Meyer ait publié complètement ses résultats.

Toutefois, afin d'éviter des malentendus, je crois important de faire, sans plus attendre, quelques remarques sur un petit nombre de passages de ses Notes préliminaires.

([3]) Muraour et Demay, *Chim. et Ind.*, 56, 1946, p. 463.

([1]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 707-708; 231, 1950, p. 612-614.

1° Le fait que j'ai moi-même admis récemment une erreur systématique de 1 % dans mes mesures de ρ, compte tenu des résultats obtenus, il y a plus de 25 ans par M. Webber et moi-même (sur le module de torsion d'un fil d'argent allemand) est incorrect. Ces résultats n'ont rien à voir avec mes propres expériences, ils diminuent de 1 % l'écart entre les résultats des expériences où l'on emploie du fer électrolytique.

2° Il n'est pas exact de dire que j'ai trouvé une variation dans le coefficient du fer pur sur des échantillons d'origine différente. Compte tenu des erreurs d'expérience, tous les échantillons de fer pur ou presque pur donnent la même valeur. Dans certains travaux antérieurs, il y a un désaccord entre le résultat pour le fer électrolytique obtenu à partir de l'effet Barnett et pour le même matériel quand on utilise l'effet Einstein-de Haas. Mais ceci a été rectifié plus tard et venait d'un défaut dans une bobine utilisée il y a plus de 25 ans dans des expériences sur l'effet Barnett.

MAGNÉTISME. — *Sur l'intérêt de l'étude aux ondes hertziennes des poudres magnétiques.* Note de MM. **Paul Abadie**, **Israël Epelboin** et **Bernard Pistoulet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les mesures systématiques effectuées ([1]) sur des mélanges de poudres magnétiques et de diélectriques en fonction de la charge p (rapport entre le volume de poudre et le volume du mélange) ont été poursuivies par Mlle P. Pannetier ([2]) et par l'un de nous (B. Pistoulet) et l'ensemble des résultats obtenus confirme l'intérêt de l'étude d'un même échantillon dans l'ensemble de l'échelle des ondes hertziennes. Le but de cette Note est d'indiquer certaines particularités du comportement des poudres magnétiques dans le domaine de relaxations gyromagnétiques du spin.

Les composantes de la perméabilité $\mu_1 - j\mu_2$ et de la constante diélectrique $\varepsilon_1 - j\varepsilon_2$ d'un échantillon sont relevées par la méthode de résonance ([3]) avec un appareillage réalisé au Laboratoire National de Radioélectricité et constitué, aux fréquences inférieures à 7 000 Mc/sec par des lignes coaxiales et dans les gammes des 10 000 Mc/sec et 24 000 Mc/sec par des guides d'ondes rectangulaires opérant sur le mode H_{01}.

On détermine le taux d'ondes stationnaires dans l'appareil de mesures, au moyen d'une sonde ou bien encore, aux fréquences inférieures à 7 000 Mc/sec,

---

([1]) P. Abadie et I. Epelboin, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 706.

([2]) Étude du comportement de poudres magnétiques aux fréquences inférieures à 50 Mc/sec à l'aide de bobines à enroulements démontables (*Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1950).

([3]) P. Abadie, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 474.

on peut dans le cas des échantillons à faibles pertes relever la courbe de résonance d'une ligne de mesures à longueur variable. Afin de pouvoir séparer les pertes par courants de Foucault de celles dues à la résonance magnétique induite, on superpose perpendiculairement au champ magnétique hyperfréquence un champ magnétique continu, produit par un électroaimant, dont l'intensité et l'homogénéité ont été étalonnées avec une balance de A. Cotton.

L'ensemble des résultats sera publié par ailleurs, mais ils montrent qu'aux ondes centimétriques, les mélanges de diélectrique et de poudre ferromagnétique bien isolée ne présentent plus, comme aux fréquences plus basses, des caractéristiques de dispersion de la perméabilité et d'absorption des pertes magnétiques indépendantes de la charge pour $p < 0{,}6$. Par contre, les relations logarithmiques pour les mélanges binaires se conservent partiellement. Ainsi, dans le cas des diélectriques que nous avons utilisés, la relation

$$\log|\varepsilon| = K_1 p + \log|\varepsilon_0|$$

est vérifiée pour $\lambda = 10^{cm},8$ et $3^{cm},2$ aussi bien pour des poudres fines du type carbonyle que pour deux poudres de fer broyé dont les diamètres moyens des grains sont respectivement 20 et 75^{μ}. La relation $\log|\mu| = K_2 p$ semble, elle, moins générale, car en H. F. comme en B. F., elle n'est pas vérifiée sur les deux poudres de fer broyé tandis qu'elle reste valable pour une poudre carbonyle tant en basse fréquence qu'à $\lambda = 10^{cm},2$ pour $p < 0{,}52$ et qu'à $\lambda = 3^{cm}$ elle est encore valable pour $p > 0{,}2$.

Quant à la relation $(\mu_2^*/\mu_1^*) = K_3 p$ trouvée pour les ferrites (4), elle se vérifie à 4 % près pour certaines poudres fines de fer et de nickel à $\lambda = 10^{cm},8$, mais elle se vérifie moins bien à $\lambda = 3^{cm},2$.

L'avantage de l'étude des poudres ferromagnétiques sur celle des métaux massifs apparaît surtout dans le relevé des courbes de résonances obtenues par superposition du champ magnétique continu H. Ainsi nos mesures ont permis de relever séparément les paramètres des courbes de $|\mu| = f(H)$ et de $\mu_2/\mu_1 = \varphi(H)$, la résonance pour $H = H_0$ à une fréquence donnée étant parfaitement caractérisée par $[d^2 f(H_0)/dH^2] = 0$ et $[d\varphi(H_0)/dH] = 0$. On peut alors pour une poudre donnée tracer la caractéristique H_0 en fonction de p. En étendant aux poudres ferro-magnétiques isolées la relation (5) : $\omega_0 = \gamma(BH)^{1/2}$, on déduit pour chaque charge une constante apparente γ_a et l'on trouve que les courants de Foucault dans nos échantillons ne modifient pas la pulsation de résonance ω_c.

A titre d'exemple, pour une poudre Nickel Mond du type α, nous avons

---

(4) BIRKS, *Proc. Phys. Soc.*, 60, 1948, p. 282.

(5) KITTEL, *Phys. Rev.*, 71, 1947, p. 270; 73, 1948, p. 155.

trouvé respectivement aux fréquences de 23 960 et 9 375 Mc/sec

$$\frac{1}{2\pi}\gamma_a = 2,57_1 \text{ Mc/sec/Oe} \quad \text{et} \quad \frac{1}{2\pi}\gamma_a = 2,57_6 \text{ Mc/sec/Oe} \quad \text{pour} \quad p = 0,14,$$

la dispersion des résultats étant cependant de 0,7 % pour $p = 0,19$. Ceci montre la précision actuelle de la méthode et des dispositifs employés.

ÉLECTRONIQUE. — *Optique ionique de la source d'ions des spectromètres de masse.* Note (*) de M. **René Vauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le système de fentes constituant la source d'ions habituellement employée dans les spectromètres de masse, peut être considéré, du point de vue de l'optique électronique (ou ionique), comme un système de lentilles cylindriques (du type lentille à immersion). Pour cette étude, nous ferons provisoirement les hypothèses simplificatrices suivantes : 1° les fentes sont infiniment longues et percées dans des plans infiniment minces; 2° l'épaisseur du faisceau transversal d'électrons ionisants (de trace S) est négligeable; 3° les ions formés le long de ce faisceau ont une énergie initiale nulle; 4° nous négligerons la charge d'espace; 5° le champ magnétique est nul à l'intérieur de la source d'ions.

Dans ces conditions, la forme des trajectoires dépend : 1° de quatre paramètres géométriques : les largeurs des fentes $2\rho_1$ et $2\rho_2$, la distance d_0 de l'électrode (O) à l'électrode (1), la distance a de la source S à la fente (1), toutes ces dimensions étant rapportées à l'écartement $2d$ des deux fentes; 2° d'un paramètre électrique, le rapport U_1/U_2 des tensions U_1 et U_2 des deux fentes, l'électrode (O) étant au potentiel 0.

Calcul des trajectoires. — 1° La fente (1) se comportant comme une lentille cylindrique fortement convergente constitue un cas difficile à traiter analytiquement. Aussi avons-nous procédé au calcul numérique de la portion de trajectoire comprise entre S et la fente (2), par la méthode de Gans, adaptée au cas des champs à deux dimensions. Nous avons adopté la répartition de potentiel dans le plan de symétrie (de trace Oz) précisée par Straschkewitsch [1].

2° La fente de sortie se comporte comme une lentille faiblement divergente. Un ion qui l'aborde à une distance r_b de Oz, subit de sa part une déviation

$$\Delta r' = \frac{\Phi'_{1-2}}{2\Phi_2} r_b = \frac{1}{2}\left(1 + \frac{\rho_2}{2}\right) r_b,$$

$\Delta r'$ n'est pas négligeable, mais varie peu avec ρ_2. Nous négligerons cette varia-

(*) Séance du 9 octobre 1950.

(1) *Journal of Physics*, 3, n° 6, 1940, p. 507-523.

tion par la suite. Les calculs ont été faits pour

$$a = -0{,}40, \qquad U_1 = 0, \qquad 0{,}01 < \rho_1,\ \rho_2 < 0{,}10.$$

Résultats. — 1° Qualitativement, les trajectoires passent toutes, d'abord par une focale réelle F très voisine du point O (*fig.* 1), puis par une focale virtuelle F′, voisine de O également. C'est cette dernière focale qui joue le rôle d'objet vis-à-vis du champ magnétique analyseur, et non la fente (2) qui ne joue plus que le rôle de *diaphragme de champ et d'ouverture* à la fois. La grandeur ρ_2 n'interviendra plus (en tout cas, pas de façon simple) dans le calcul du pouvoir séparateur des spectromètres de masse, relatif à la largeur de source. La fente (1) ne diaphragme le faisceau en aucun des cas envisagés.

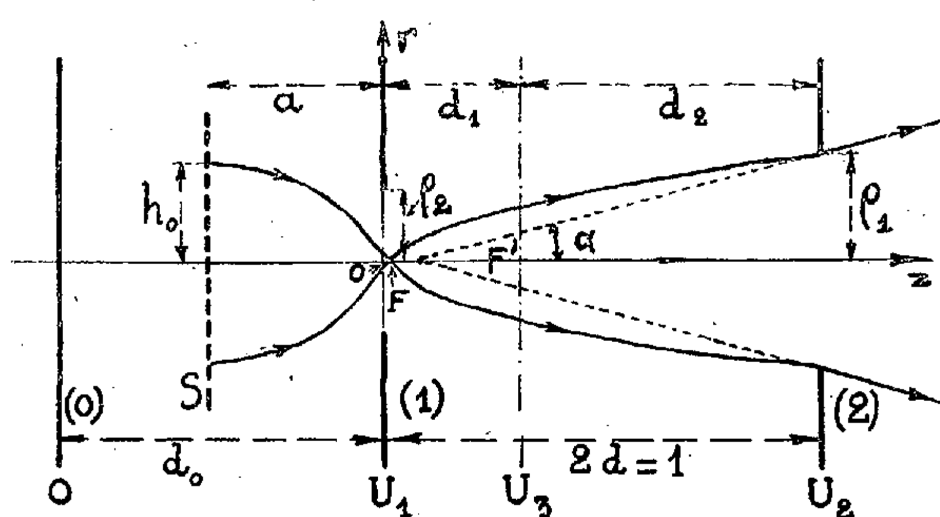


Fig. 1.

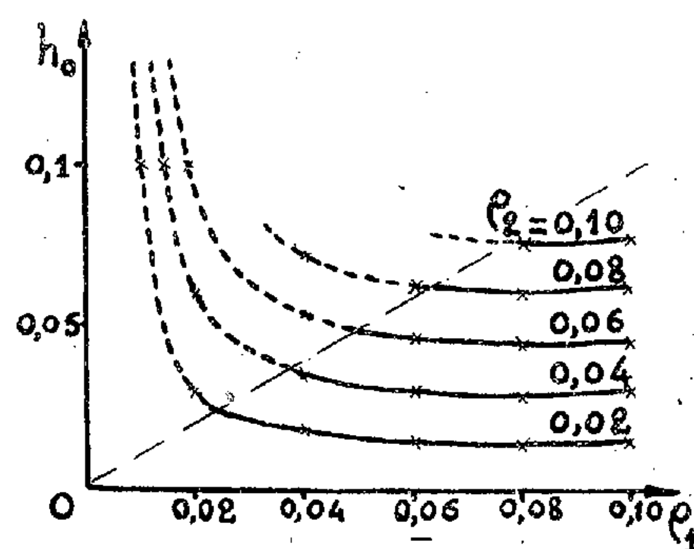


Fig. 2.

2° *Ouverture α du faisceau.* — On peut représenter de façon simple la variation de α en fonction de ρ_1 et ρ_2 par la relation empirique

$$\alpha = (2{,}4\rho_1 + 1{,}0)\rho_2,$$

valable dans les limites indiquées, qui redonne les résultats des calculs précédents à 2 % près. On constatera que α varie peu avec ρ_1, mais dépend surtout de ρ_2.

L'abscisse $z_{F'}$ de F′ est donnée par $z_{F'} = 1 - (\rho_2/\alpha)$.

3° *Intensité transportée par le faisceau.* — Elle est proportionnelle à l'aire découpée sur la source S par la partie utilisée du faisceau ; cette aire, définie par h_0, varie rapidement avec ρ_1, et est proportionnelle à ρ_2 (*fig.* 2). Il peut paraître paradoxal de constater que l'intensité transmise est d'autant plus grande que ρ_1 est plus petit. Les parties en pointillé des courbes correspondent aux cas où $h_0 > \rho_1$, pour lesquels les aberrations commencent à prendre une importance qui croît rapidement avec h_0.

Nous étudierons prochainement l'influence du champ d'extraction (défini par U_1/d_0), et de l'épaisseur de la source d'ions S.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Convergence transversale créée par les fentes des instruments d'optique ionique.* Note de M. **François Bertein**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On sait que certains instruments tels que le spectromètre de masse, mettent en jeu une optique électronique (ou ionique) à deux dimensions : les trajectoires des corpuscules y sont théoriquement parallèles à un plan fixe xOz. On s'efforce de parvenir à ce résultat à l'aide d'électrodes et d'ouvertures disposées parallèlement à l'axe perpendiculaire Oy. Toutefois, ces divers éléments ne peuvent remplir rigoureusement un tel rôle en raison de leurs dimensions limitées et l'on doit s'attendre à de faibles effets de convergence du faisceau vers le plan xOz, convergence que nous dirons transversale.

Nous examinerons ici la convergence introduite par une fente F parallèle à Oy et percée dans une plaque métallique très mince. F présente théoriquement la forme d'un rectangle très étroit; il peut être difficile de lui assurer dans la réalité une largeur bien uniforme s'il s'agit d'une quantité de l'ordre de $0^{\text{mm}},1$; nous admettrons ici qu'on puisse assimiler F à une ellipse très aplatie située dans le plan xOy, de centre O et de demi-axes a, b ($a \gg b$). F fait communiquer en général deux régions de champs uniformes parallèles à Oz et qu'on notera E_1 et E_2. Dans ces conditions, on connaît la loi de distribution de potentiel créée par F [1].

Étant donnée une trajectoire incidente parallèle au plan xOz, sa convergence transversale est déterminée par l'angle θ dont elle s'infléchit [2] vers ce plan lors de la traversée de la fente. Moyennant des approximations évidentes l'on a

$$(1)\qquad \theta = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} E_y\,dz}{2V_0},$$

l'intégrale étant calculée pour la valeur y de la trajectoire et V_0 désignant le potentiel moyen d'accélération de la particule.

Envisageons d'abord le cas des trajectoires voisines de l'axe; on a

$$E_y = \frac{E_1 - E_2}{2}\,ab^2 y\,(a^2+z^2)^{-\frac{3}{2}}(b^2+z^2)^{-\frac{1}{2}}$$

et l'expression (1) fait ainsi intervenir une intégrale calculable à l'aide des fonctions elliptiques.

Moyennant les notations habituelles de ces fonctions l'on peut se ramener à l'intégrale $\int_0^{iK'} du/(sn^2 u - a^2/b^2)$ dont on connaît l'expression [3].

---

(1) M. Cotte, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 377.

(2) Ce terme ayant bien entendu un sens algébrique.

(3) L. Potin, *Formules et tables numériques*, Paris, p. 749.

Il en résulte finalement la valeur suivante pour θ :

$$\theta = +y\frac{E_1 - E_2}{2V_0}\frac{b^2}{a^2}\log 4\frac{a}{b},$$

moyennant la condition $b \ll a$; conformément aux usages de l'optique, cette convergence s'exprime par une distance focale transversale f_y

$$(2) \qquad \frac{1}{f_y} = -\frac{E_1 - E_2}{2V_0}\frac{b^2}{a^2}\log 4\frac{a}{b}.$$

Si F est la fente de sortie de la source d'ions d'un spectromètre, on peut avoir par exemple : $E_1 - E_2 = 2000$ V/cm, $V_0 = 2000$ V, $b/a = 1/20$, d'où $f_y = -150^{cm}$ environ (effet divergent).

La *première* fente F′ de la source par laquelle s'effectue l'extraction des ions, présente, toutes choses égales d'ailleurs un effet plus important en raison de la valeur V'_0 beaucoup plus faible de la tension moyenne des ions à son niveau; il est facile de voir que la convergence de l'ensemble des deux fentes FF′ a, dans ces conditions, la valeur $\sqrt{V_0/V'_0}(\,|1/f_y|\,)$, d'où une distance focale transversale de l'ordre du décimètre par exemple, pour une source d'ions comprenant les deux fentes F′ et F.

Bien que le cas de fentes rigoureusement rectangulaires soit sans doute plus favorable, on conçoit ainsi l'intérêt que peuvent présenter des électrodes correctrices de focalisation transversale dans le but de regrouper les trajectoires; une divergence supplémentaire à corriger serait d'ailleurs celle présentée par les ions formés avec énergie cinétique.

Rappelons toutefois que les résultats précédents sont établis pour des rayons voisins de l'axe; mais si V_0 n'est pas trop faible ils subsistent pour les rayons extrêmes ainsi que le montre le calcul pour le rayon du bord supérieur de la fente. L'expression générale du potentiel [1] dans le plan yOz se présente alors sous la forme

$$V(z, \lambda) = zg(\lambda),$$

et l'on peut écrire l'intégrale figurant en (1)

$$-\int \frac{\dfrac{\partial\lambda}{\partial y}}{\dfrac{\partial\lambda}{\partial z}} z\,dg,$$

ce qui donne lieu à un calcul relativement simple.

Cette constance de la convergence, quel que soit l'écartement du rayon, constitue d'ailleurs une propriété valable également en projection xOz, ce qu'on démontre aisément : les fentes se comportent comme des lentilles, même pour les rayons extrêmes.

ÉMISSION THERMIONIQUE. — *Propriétés thermioniques et activation de la thorine.* Note de M. **Guy Mesnard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Des travaux récents ont montré l'intérêt des cathodes à la thorine pour les tubes d'émission de moyenne puissance; le mécanisme de l'émission est toutefois peu connu, et les constantes A et φ de l'équation de Richardson :

$$i_0 = AT^2 \exp\left[-e\frac{\varphi}{kT}\right],$$

données pour la thorine par divers auteurs, sont très divergentes (A variant de 0,016 à près de 100 A/cm² et φ de 1,67 à plus de 3 V), les densités de courant indiquées étant de quelques ampères par centimètre carré pour une température de fonctionnement de 2000° K. Nous avons opéré sur des cathodes constituées par un fil de tungstène recouvert de thorine par électrophorèse [1]. Les diodes expérimentales comportaient une anode cylindrique prolongée par deux anneaux de garde. Elles ont été pompées en prenant toutes les précautions nécessaires pour assurer leur dégazage et, avant le scellement du tube, un *getter* très actif au baryum était vaporisé. Nous avons déterminé la température par pyrométrie du support partiellement découvert, dont l'émissivité optique est connue (tandis que celle de la thorine varie), en tenant compte de la chute de température qui s'établit à travers le revêtement lorsqu'il émet des électrons. L'épaisseur de la couche de thorine (qui a une nette influence) était en moyenne de 40^μ.

Le courant obtenu, ainsi que les valeurs de A et φ, dépendent beaucoup des traitements subis par la cathode, l'équation de Richardson étant assez bien vérifiée, à la condition de ne considérer que des mesures effectuées dans un certain domaine de températures et en un temps assez court. Dans des conditions données, l'émission évoluait en effet au cours du temps. Nous ne nous occuperons ici que de l'émission obtenue immédiatement après un traitement dit d'activation à haute température (d'une durée de une à deux minutes); l'évolution de l'activation, ainsi que le mécanisme de l'émission, feront l'objet d'une prochaine Note. L'existence de plusieurs états d'activation a d'ailleurs été signalée brièvement par Weinreich [2], mais nous pensons plutôt avec Fan [3] qu'à chaque température d'activation correspond un certain état de la cathode, conduisant, à plus basse température, à une certaine émission initiale, de sorte qu'on ne peut parler d'un nombre fini d'états d'activation. Il existe d'ailleurs des procédés d'activation non thermiques que nous n'envisageons

(1) G. Mesnard, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 70-72.
(2) *J. Franklin Inst.*, 1950, p. 95-96.
(3) *J. Appl. Physics*, 20, 1949, p. 682-690.

pas ici; remarquons seulement que l'extraction d'un courant thermionique ne semble pas avoir d'effet important. Tant que la température reste assez basse, l'émission est très faible, la valeur de φ étant élevée. L'activation apparaît de façon assez brusque lors d'un premier traitement à une température de l'ordre de 1950° K. On obtient alors des courants de saturation de l'ordre de 0,05 A/cm² à 1600° K et plus de 0,5 A/cm² à 1900° K; φ a pris une valeur relativement faible (entre 1,5 et 2 V), mais A est également faible (quelques mA/cm²). Si l'on traite la cathode à des températures de plus en plus élevées, l'émission augmente progressivement. A et φ décroissent d'abord quelque peu (jusque vers 2150° K), puis croissent, surtout A, dans des proportions plus grandes que le courant : on arrive à des valeurs de A de l'ordre de 100 A/cm² et de φ supérieures à 2,5 V; une relation linéaire entre Log A et φ reste d'ailleurs sensiblement vérifiée au cours de cette croissance. Les courants de saturation obtenus sont de l'ordre de 0,5 A/cm² à 1600° K et près de 3 A/cm² à 1900° K, pour une température d'activation de l'ordre de 2650° K; au delà l'émission diminue quelque peu. *Ces importantes densités de courant ne peuvent toujours être obtenues, en particulier pour des cathodes rendues moins fragiles par une aspersion de collodion, qui semble empoisonner quelque peu la cathode.* Mais il est remarquable que des valeurs de cet ordre aient pu être obtenues avec des traces de gaz qui auraient à peu près complètement éteint l'émission des cathodes complexes usuelles.

Il se dégage de cette analyse schématique que l'activation initiale et essentielle se produit à une température relativement basse (*par rapport à celle qui est nécessaire pour les cathodes thoriées*) et d'une façon brutale (*elle s'accompagne d'ailleurs d'importantes variations du pouvoir émissif optique et de la résistance de la cathode*). Si l'on remarque que l'activation est vraisemblablement due à l'apparition de thorium libre, on peut expliquer la première constatation par le fait que les oxydes volatils de tungstène qui se formeraient par réduction de la thorine sont obtenus plus facilement au contact du revêtement poreux de thorine qu'au sein du tungstène. Mais nous pensons plutôt que le premier chauffage de la thorine initialement amorphe qui en produit la cristallisation progressive, mais assez brutale à haute température, permet la formation d'atomes d'insertion de thorium; cela explique la corrélation entre l'activation initiale et les variations d'émissivité et de résistance de la cathode, distinctes au début de celles causées par l'existence de thorium libre. L'observation aux rayons X nous a permis de suivre cette cristallisation et aussi, grâce à l'utilisation de la très sensible méthode *en retour* (examen des rayons diffractés aux alentours de 180°), de déceler des variations du paramètre du réseau cristallin de la thorine, explicables par des insertions de thorium, qui se produiraient spontanément en quantité déterminée à chaque température (défauts du réseau). Quoi qu'il en soit, il faut voir dans les remarquables aptitudes des cathodes à la thorine, les effets de l'existence d'une grande réserve de thorium,

qui est produit en quantité déjà appréciable aux températures mêmes de fonctionnement; cette température ne doit pas dépasser 2 000° K afin d'assurer à la cathode une durée de vie acceptable. Il est par ailleurs inutile de trop pousser l'activation, son effet se trouvant annulé par l'évolution ultérieure de la cathode; le rendement initial après une telle activation n'est d'ailleurs guère augmenté en raison de l'augmentation de l'émissivité optique.

SPECTROGRAPHIE. — *Élimination des erreurs dues aux variations du fond continu en spectrographie quantitative.* Note (*) de M. **Eugène Roux** et Mlle **Christiane Husson**, présentée par M. Charles Maurain.

L'arc électrique comme source lumineuse en spectrographie quantitative bien qu'apportant une plus grande stabilité que l'étincelle, présente cependant un inconvénient important : il donne un fond continu beaucoup plus dense que l'étincelle et les variations de ce fond continu, suivant la composition minérale ou organique de l'échantillon à analyser, sont une source d'erreurs importantes.

Le but de ce travail a été la recherche d'une méthode permettant une détermination plus précise d'un élément en tenant compte de la valeur du fond continu au voisinage de la raie utilisée pour le dosage de cet élément.

Nous avons commencé par étudier les variations du noircissement d'une raie d'intensité rigoureusement constante en fonction du fond continu qui l'accompagne. La raie utilisée fut la raie 3650 Å fournie par une lampe à vapeur de mercure Phillips H. P. 300, ayant atteint son régime normal et éclairant la fente du spectrographe pendant 1 seconde. Les fonds continus variables furent obtenus en surimpressionnant la plaque Kodak Panatomic X pendant des temps variables à l'aide d'une lampe étalon à Hydrogène Chalonge et Lambrey.

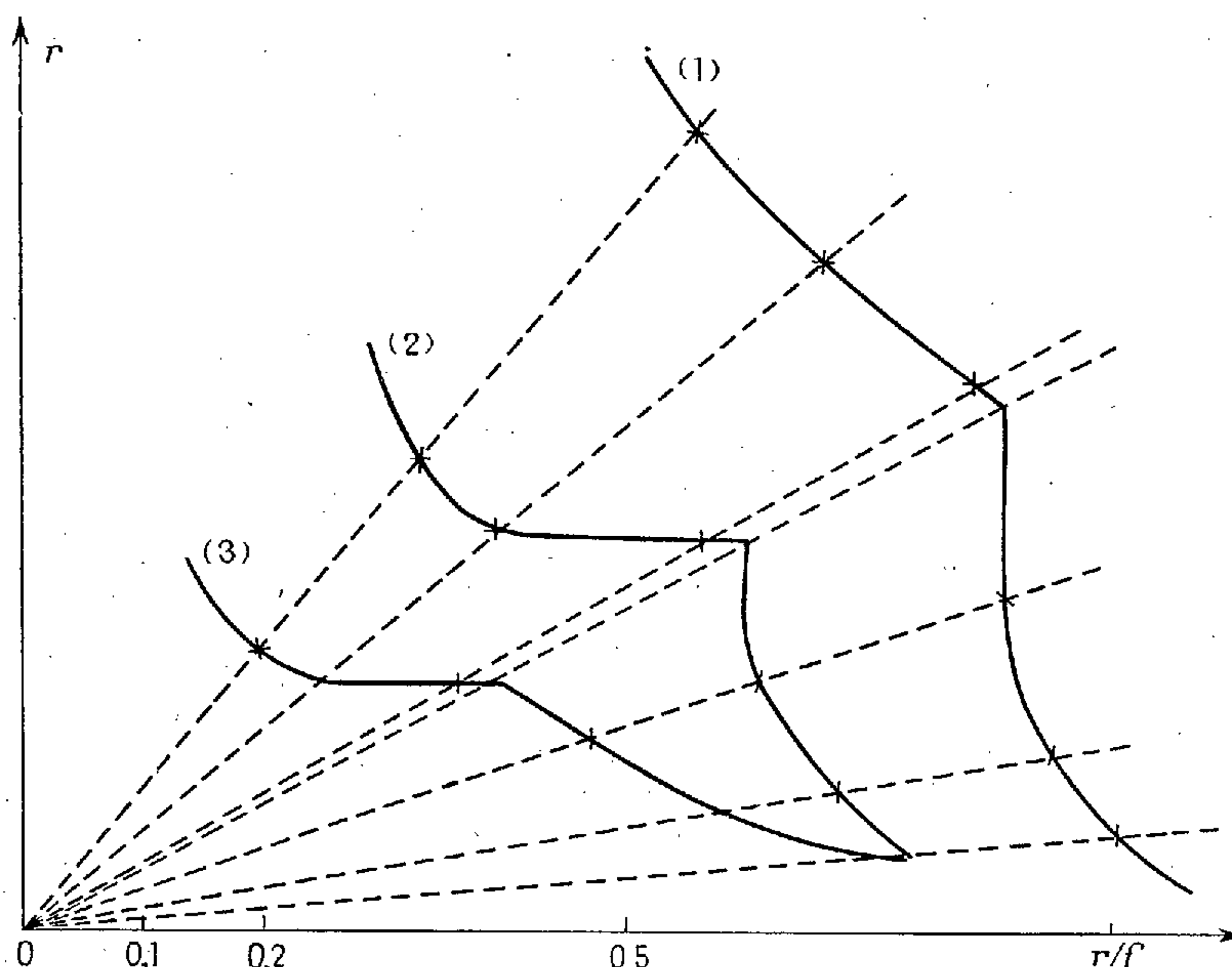
Les noircissements furent repérés à l'aide d'un microphotomètre et l'on obtint la courbe (1) ci-contre en portant en ordonnée les indications du photomètre pour la raie et en abscisse le rapport r/f des déviations pour la raie et pour le fond. Les courbes (2) et (3) relatives à la même raie furent obtenues avec des temps d'éclairement différents pour la lampe à vapeur de mercure.

L'étude de ces courbes nous a amenés à adopter la méthode suivante pour éliminer les erreurs dues aux variations du fond continu en spectrographie quantitative.

Le principe consiste à créer artificiellement sur la plaque étalon un fond continu variable destiné à jouer le rôle de celui dû aux impuretés contenues dans la solution à analyser. Les variations du fond continu accompagnant les

(*) Séance du 9 octobre 1950.

spectres étalons sont obtenues en surimpressionnant la plaque d'étalonnage pendant des temps variables à l'aide d'une lampe à hydrogène Chalonge et Lambrey.



On a comparé les indications fournies par le photomètre pour la plaque sur laquelle on a effectué le dosage à celles données par une plaque étalon. Les deux plaques étant obtenues dans les mêmes conditions en ce qui concerne l'intensité du courant qui parcourt l'arc, la position des électrodes par rapport à la fente du spectrographe, le temps de pose et les conditions de développement.

Mode opératoire. — *Préparation de la plaque étalon.* — Soit par exemple à doser le cuivre dans un mélange complexe.

Sur une même plaque, on fait trois séries de cinq spectres identiques en utilisant par exemple une technique précédemment indiquée ([1]). Une série correspond à 0,1 de Cu dans la prise d'essai. La seconde série à 0,5 et la troisième à 1.

Le premier spectre de chacune de ces trois séries n'est pas surimpressionné;

Le deuxième	l'est pendant	3	secondes;
Le troisième	»	7	»
Le quatrième	»	15	»
Le cinquième	»	30	»

([1]) Roux et Husson, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1068-1070.

Établissement des courbes d'étalonnage. — On trace les trois courbes correspondant à chacune des trois séries de cinq spectres en portant en ordonnée l'indication *r* du photomètre pour la raie et en abscisse le rapport *r/f* des indications pour la raie et pour le fond.

Une courbe correspond donc à $1/10^{\gamma}$ Cu, la seconde à $5/10^{\gamma}$ et la troisième à 1^{γ}. Avec ce mode de représentation, chaque droite issue de l'origine correspond à un fond continu constant.

Dès lors, pour déterminer la quantité de cuivre présente dans un mélange complexe, il suffit de joindre l'origine des axes au point obtenu pour la substance que l'on a à analyser et de lire sur la droite ainsi construite la quantité de cuivre correspondante.

Cette méthode est aussi susceptible d'application en spectrographie d'absorption.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Le rétractomètre, appareil pour l'étude du frittage et des réactions à l'état solide.* Note de MM. **Stéphane Tacvorian** et **Maurice Lévecque**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Les réactions à l'état solide s'accompagnent de variations plus ou moins notables de volume. Dans le cas du frittage des poudres, ces variations peuvent atteindre linéairement 20-25 % de la longueur initiale.

Pour l'étude de la dilatation thermique en particulier, de nombreuses méthodes ont été proposées pour l'enregistrement des phénomènes en fonction de la température, mais leur application se trouve limitée aux basses températures.

Utilisant un tube d'alumine frittée, le rétractomètre permet l'enregistrement direct jusqu'à 1 800° C des variations de longueur d'une barrette de 60^{mm}, dont l'une des extrémités s'appuie sur l'extrémité fermée d'un tube-support. L'autre extrémité actionne un levier par l'intermédiaire d'une tige centrale en alumine. L'amplification mécanique a pour coefficient 7,5 et l'enregistrement s'opère sur un tambour en fonction du temps. La température de l'échantillon est déterminée soit à l'aide d'un couple, soit au-dessus de 1 000° C au moyen d'un pyromètre optique.

La critique des conditions de fonctionnement de l'appareil montre qu'il peut enregistrer des variations de 0,1 % de la longueur de l'éprouvette, en fonction de la température définie à 5 degrés près.

L'appareil permet non seulement de préciser par une seule opération la température de frittage et le coefficient de retrait, mais encore et surtout de déterminer, pour tout système solide, les phénomènes physicochimiques qui se déroulent aux diverses températures et dont l'origine peut être le frittage, les réactions à l'état solide, les phénomènes allotropiques, etc.

Frittage des poudres comprimées. — *Frittage du kaolin.* — Une éprouvette pressée à 350 kg/cm² soumise à une élévation progressive de la température, montre vers 500° C un retrait représentant le départ de l'eau de constitution avec formation de métakaolin. La libération de silice à partir de ce dernier correspond à un nouveau palier vers 900° C. Le retrait total à 1550° C représente 14,3 %.

Frittage de l'alumine en poudre. — L'alumine pure, calcinée à 1200° C, puis ramenée à une granulométrie adéquate par broyage, est comprimée en éprouvette.

On observe un seuil de frittage vers 1000° C, ce qui explique l'intérêt du préfrittage à 1200° C (température pour laquelle le retrait est de 0,6 %) si l'on désire façonner le *dégourdi*.

La vitesse du retrait croît dès 1300° C; elle se maintient sans changement jusqu'à 1700° C, où le retrait atteint 17,5 %. Cette vitesse relativement faible du frittage indique un grossissement marqué des cristaux.

Réactions a l'état solide. — *Action de l'alumine sur la magnésie.* — Un mélange équimoléculaire d'alumine et de magnésie fraîchement calcinée, d'une granulométrie convenable, est transformé en éprouvette, par compression.

Le diagramme accuse un allongement de 2,1 % de l'éprouvette entre 970 et 1400° C, ce qui correspond à la formation du spinelle magnésien. Ce fait est en accord avec la variation de la densité, qui est plus forte pour le mélange (D : 3,85) que pour le spinelle formé (D : 3,5). Le retrait que l'on observe au-dessus de 1400° C est dû au frittage.

Action de l'azote sur le chrome. — Une éprouvette de chrome en poudre comprimée est chauffée dans une atmosphère d'azote purifié et sec.

Dès 650° C, on remarque un allongement de l'éprouvette qui doit être attribué à la fixation de l'azote; la réaction se poursuit jusqu'à 980° C. A partir de ce point un retrait très net se dessine, que nous attribuons à une libération d'azote au moins jusqu'à 1300° C.

La raison en est qu'une expérience témoin conduite dans les mêmes conditions dans l'hydrogène pur et sec au lieu de l'azote, ne révèle aucun commencement de frittage.

En *alternant* l'atmosphère à cette température par introduction d'azote, l'allongement de l'éprouvette est immédiat et d'une intensité presque équivalente à celui de l'expérience précédente à la même température.

Étude de l'allotropie. — La technique que nous avons adoptée pour l'étude au rétractomètre de l'allotropie est sensiblement différente de ce qui précède.

Ici, l'éprouvette comprimée est au préalable frittée à une température légèrement supérieure à laquelle a lieu la transformation puis refroidie lentement. Lors d'un second chauffage toute variation de longueur doit être attribuée au phénomène allotropique.

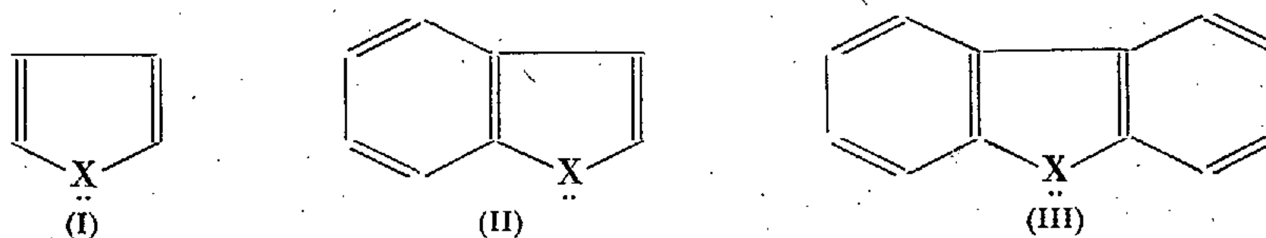
Allotropie de la zircone. — Une éprouvette obtenue à partir de la zircone très

fine, ayant une teneur de silice inférieure à 0,02 %, sans traces de TiO_2 ni de Fe_2O_3, a été frittée au préalable à 1500° C. Le diagramme de ce traitement indique, en plus du frittage, un changement de longueur entre 900 et 1200° C à l'aller et au retour, dû à un phénomène allotropique.

Lors d'un second chauffage jusqu'à 1400° C, à raison de 200 degrés/heure, on observe à 1150° C une diminution de longueur qui atteint 1,2 % à 1390° C; elle est due à la transformation ZrO_2 monoclinique → ZrO_2 prismatique. Une hystérésis importante se manifeste au retour : la transformation inverse s'amorce à 990° C.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Conjugaison homocyclique dans un diène pentagonal et ses homologues mono- et dibenzéniques.* Note de MM. **Gaston Berthier** et **Bernard Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le tableau contient les énergies des orbitales moléculaires (compte tenu du recouvrement) dans les composés (I), (II) et (III), calculées dans l'approximation d'une conjugaison homocyclique, c'est-à-dire en admettant l'équivalence complète des orbitales atomiques de tous les atomes de la périphérie [1]. Les symboles S ou A placés devant les coefficients correspondent à la symétrie



ou à l'antisymétrie vis-à-vis de la réflexion par rapport au plan de symétrie de la molécule. Les figures 1 et 2 représentent respectivement la distribution des charges électriques et des indices de liaison mobiles dans les mêmes composés,

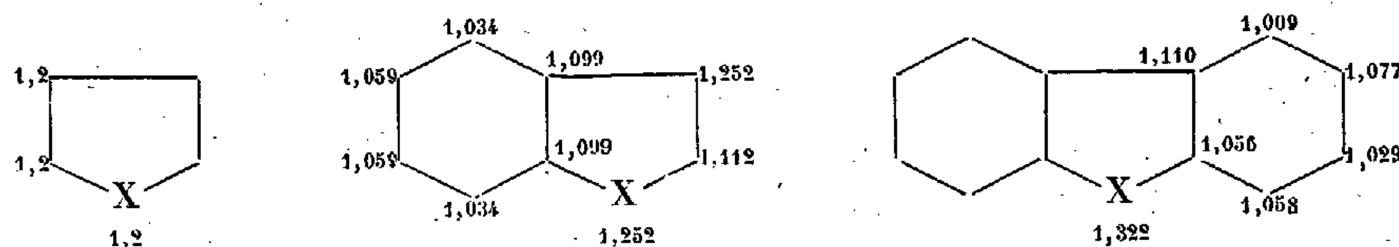


Fig. 1.

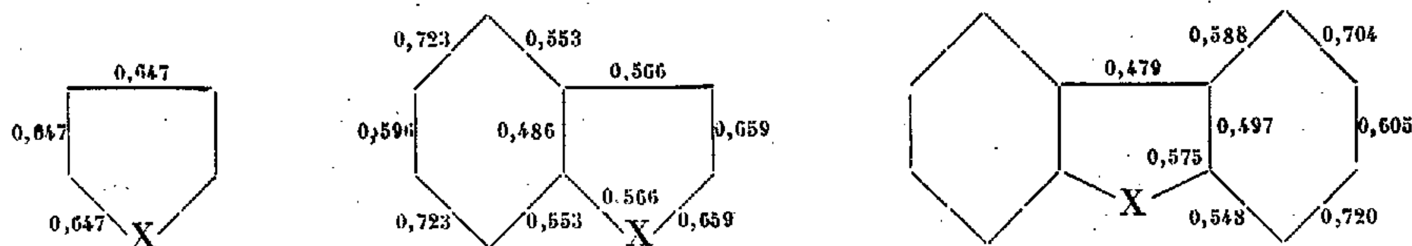


Fig. 2.

(1) *Voir* à ce sujet E. Hückel, *Z. Phys.*, **70**, 1931, p. 242; **76**, 1932, p. 634; R. S. Mulliken, *J. Chem. Phys.*, **7**, 1939, p. 340.

On observe une décroissance de l'énergie de la transition $N \rightarrow V_1$ [égale à $3\gamma,2523$, $1\gamma,4388$ et $1\gamma,1918$ respectivement dans (I), (II) et (III)] et une diminution de la délocalisation du doublet libre de l'atome X avec l'adjonction d'un, puis de deux noyaux benzéniques au cycle pentagonal.

Composé	(I).	(II).	(III).
$\frac{E-\alpha}{\gamma}$	–	–	A −5,2937
	–	–	S −4,5612
	–	−4,8569	S −2,1876
	–	−2,9420	A −1,9644
	A −2,7170	−1,9150	A −1,3333
	S −2,7170	−1,1641	S −1,0185
	S 0,5353	0,2747	S 0,1733
	A 0,5353	0,6169	A 0,5991
	S 1,3333	0,9192	A 0,8000
	–	1,1145	S 0,9772
	–	1,4694	S 1,0448
	–	–	A 1,2841
	–	–	S 1,5266

Ces résultats peuvent être utilisés pour interpréter l'évolution des propriétés physicochimiques dans les séries de composés connus pour lesquels X = O, NH, S, etc., car il est probable que les variations des deux caractéristiques précitées s'effectueront dans le même sens, quelle que soit la nature de l'hétéroatome. On peut par conséquent prévoir, et ceci est vérifié par l'expérience ([2]), que toutes ces séries de composés devraient présenter un déplacement bathochrome de la plus longue bande d'absorption lors de l'adjonction de noyaux benzéniques au diène cyclique. Signalons que cette évolution est inverse de celle observée dans la série des fulvènes ([3]). On peut également prévoir que la composante du moment dipolaire due à la délocalisation du doublet libre de l'hétéroatome devrait décroître dans les mêmes conditions. Cette observation permet de décider de l'évolution du moment expérimental avec l'adjonction de noyaux benzéniques au cycle pentagonal, quand on en connaît la direction et la valeur dans le dérivé saturé du diène pentacyclique.

L'application d'un procédé de perturbation, dans lequel on tient compte à l'aide de paramètres appropriés du caractère spécifique de l'atome X, permet d'employer les données précédentes pour l'étude de composés réels. Nous décrirons dans une publication plus détaillée les résultats d'nne telle étude dans le cas de X = O, NH, S.

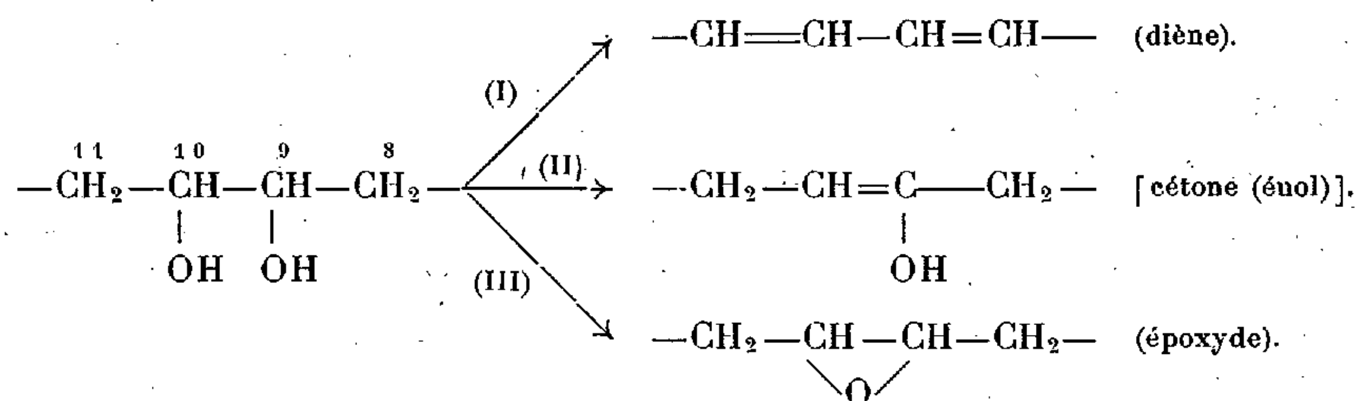
([2]) *Voir* les tableaux des données expérimentales dans J. R. PLATT, *ONR Contract*, N 6 ORI-20, T. O. IX, Report for 1 June 1949, 31 March 1950, part two.

([3]) E. D. BERGMANN et Y. HIRSHBERG, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse); A. PULLMAN, B. PULLMAN et P. RUMPF, *ibid.*, 15, 1948, p. 757; A. PULLMAN, G. BERTHIER et B. PULLMAN, *ibid.* (sous presse).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'apparition de systèmes diéniques pendant la déshydratation de l'acide dihydroxystéarique et de son esther méthylique.* Note de MM. **Maurice Naudet** et **Pierre Desnuelle**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Quand on chauffe à 290° pendant quelques minutes de l'acide ricinoléique (ou du ricinoléate de méthyle) en présence d'un déshydratant, on obtient avec un bon rendement des quantités à peu près égales d'acides 9.11 et 9.12-linoléiques (ou les esters de ces acides) (¹). Dans ces conditions expérimentales, la réaction principale consiste donc en l'élimination de la fonction hydroxyle 12 avec l'un des hydrogènes portés par les carbones voisins (11 ou 13). Il nous a paru intéressant d'étudier le comportement, dans les mêmes conditions, de l'acide 9.10-dihydroxystéarique qui, comme on le sait (²), peut être obtenu par hydroxylation de l'acide oléique. Si, en effet, le départ des deux fonctions OH s'effectue, dans ce cas encore, en compagnie des hydrogènes voisins [réaction (I)], il devient possible d'obtenir commodément des chaînes linoléiques conjuguées à partir des chaînes oléiques et, plus généralement, des chaînes grasses diéniques à partir des chaînes grasses monoinsaturées.

On semble penser généralement (³) que la déshydratation du système α glycolique de l'acide dihydroxystéarique conduit principalement à la formation du dérivé cétonique [réaction (II)]. On peut croire alors que, dans ce système, ce sont les hydrogènes reliés aux carbones 9 et 10 qui sont doués de la plus grande mobilité. Mais les hydrogènes des fonctions hydroxyle sont eux-mêmes certainement très mobiles et la formation de ponts époxyde pendant la déshydratation [réaction (III)] doit être aussi prévue. Or, ces époxydes, s'ils se forment, vont ultérieurement fournir des quantités notables de diènes (⁴). En d'autres termes, on peut espérer que les réactions (I) et (III) soient génératrices de systèmes diéniques et que seule la réaction (II) intervienne dans une certaine mesure pour abaisser le rendement en ces systèmes.



(¹) P. Desnuelle et R. Massoni, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).
(²) M. Naudet et P. Desnuelle, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).
(³) H. P. Kaufmann et G. Ganeff, *Fette und Seifen*, 50, 1943, p. 425.
(⁴) J. A. Crowder et A. C. Elm, *Ind. End. Chem.*, 41, 1949, p. 1771.

Dans une première série d'essais, nous avons chauffé à 290°, en présence de 0,5 % d'acide *p*-toluènesulfonique, de l'acide 9.10-dihydroxystéarique *cis* (A_1) ou *trans* (A_2) ainsi que l'ester méthylique de l'acide *trans* (E). Pendant 3 minutes exactement, le vide est maintenu à 200^{mm} de Hg. Puis il est poussé à 1^{mm}, ce qui provoque la distillation d'environ 80 % du mélange. Dans ce distillat, on mesure les indices d'hydrogène et d'hydroxyle, la teneur en diènes (spectrographie U. V.) et enfin les proportions en acides dihydroxycéto et époxystéariques ([2]) (tableau I).

TABLEAU I. — *Analyse du distillat après déshydratation.*

Substance déshydratée.	Indices		Composition (%) en acides (ou esters)				
			linoléique				
	d'hydrogène.	d'hydroxyle.	diène.	autre.	céto-stéarique.	époxy-stéarique.	hydroxy-éthylénique.
A_1....	149	29,3	47,1	31,9	5,1	6,9	7,0
A_2....	142	24,5	45,4	31,0	10,9	7,1	4,2
E.....	141	18,5	43,2	36,2	5,1	7,7	5,1

Dans une deuxième série, le mélange réactionnel est brusquement refroidi après 5 minutes de chauffage. Les dosages précédents sont effectués sur le mélange lui-même et un bilan global de l'opération ([4]) [s'exprimant par les trois rapports $\Delta h/h$, $\Delta n/\Delta h$ et $d/\Delta n$ ([5])] peut ainsi être établi (tableau II).

TABLEAU II. — *Analyse du mélange déshydraté et bilan de l'opération.*

Substance déshydratée.	Indices		Teneur (%) en acides (ou esters)		Bilan		
	d'hydrogène.	d'hydroxyle.	cétonique.	diénique.	$\frac{\Delta h}{h}$.	$\frac{\Delta n}{\Delta h}$.	$\frac{d}{\Delta n}$.
A_1.....	120,8	4,5	23,0	33,4	0,98	0,69	0,50
E......	115,0	5,6	22,1	33,1	0,98	0,69	0,49

Les chiffres des tableaux montrent que la déshydratation de l'acide 9.10-dihydroxystéarique et de son ester peut donner naissance à des produits fortement insaturés (indice d'iode du distillat : 141-149; du mélange déshydraté total : 115-121). Les réactions (I) et (III) sont donc prépondérantes dans nos conditions expérimentales. A la disparition de 100 fonctions OH, correspond l'apparition de 70 doubles liaisons nouvelles ($\Delta n/\Delta h = 0,7$ environ). On observera que la moitié seulement de ces doubles liaisons sont en position conjuguée ($d/\Delta n = 0,5$), par suite sans doute d'une isomérisation ultérieure des systèmes diéniques.

([5]) *h*, nombre de fonctions OH par gramme; *n*, nombre de doubles liaisons par gramme; *d*, nombre de doubles liaisons conjuguées par gramme.

Le symbole Δ est relatif à la variation de la grandeur considérée pendant la déshydratation.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle substance œstrogène.* Note (*) de MM. **Joseph Schmitt**, **Albert Lespagnol** et **Marcel Brunaud**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs décrivent un produit résultant de la dimérisation du para hydroxy-iso-buténył benzène possédant des propriétés œstrogènes.

Au cours de recherches en vue de la préparation de substances œstrogènes, nous avons obtenu très commodément un produit qui nous paraît présenter un notable intérêt, non seulement par son activité et par la commodité de sa préparation, mais aussi par les problèmes chimiques que soulèvent les particularités de son obtention et la détermination de sa structure. On le prépare par dimérisation en milieu acide du *p*-hydroxy-iso-butényl benzène (I) qui se comporte à cet égard, autrement que l'anol (II) qui en est l'homologue inférieur et qui ne se dimérise en hexœstrol (III) qu'en très faibles proportions ([1]). Le produit obtenu $C_{20}H_{24}O_2$ (VII) fond à 135°; son ester dibenzoïque à 123°; l'ester diacétique est liquide ($E_{0,5}$ 210°).

L'hydrogénation du composé (en solution acétique et en présence de platine) met en évidence une double liaison. Le produit de réduction est liquide et nous avons pu, après benzoylation, en séparer deux composés ayant des points de fusion différents (80 et 71°, le premier en quantité prépondérante). Ces dérivés correspondent à la même formule et sont très vraisemblablement des stéréo-isomères.

L'oxydation de l'ester dibenzoïque de (VII) réalisée par le permanganate de potassium donne après élimination de deux chaînons carbonés (vraisemblablement sous forme d'aldéhyde éthylique reconnaissable à son odeur) un produit de formule $C_{27}H_{28}O_3$, que nous pensons être une cétone (IV) bien que certains caractères de cette fonction soient masqués, ce qui n'est d'ailleurs pas exceptionnel en cette série. L'oxydation acétochromique conduit au même produit. Le dérivé dimérisé (VII) est facile à préparer puisqu'il suffit de traiter la *p*-méthoxy-acétophénone (V) par le bromure d'éthyle-magnésium; on obtient ainsi le *p*-méthoxy-isobutényl benzène dont la déméthylation est facilement réalisée par la potasse et qui se dimérise aisément sous l'action de l'acide chlorhydrique. Toutes ces réactions s'effectuent avec un bon rendement.

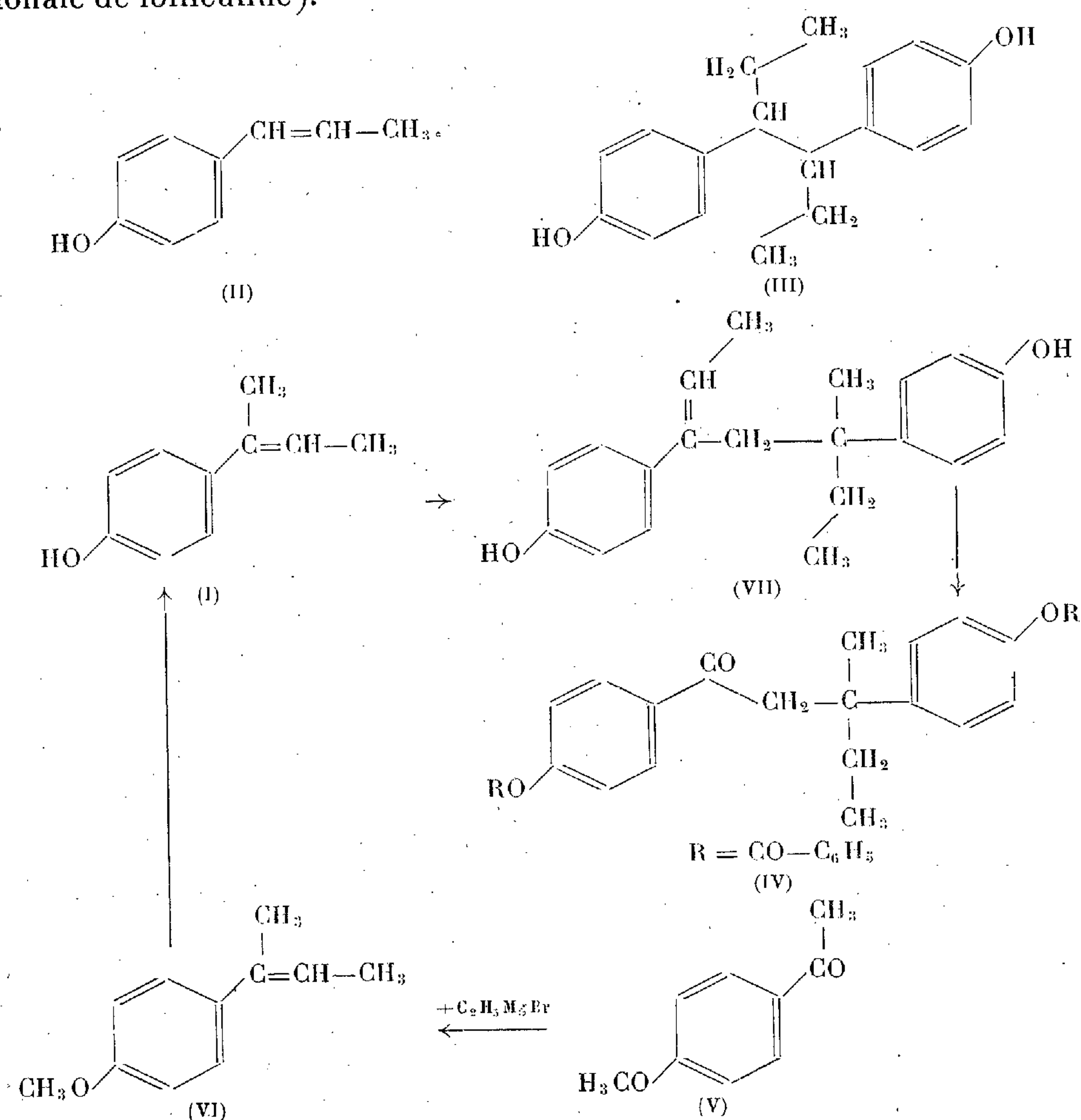
En première approximation et en accord avec les travaux de Bergmann, Taubadel et Weiss ([2]) relatifs à l'isopropényl benzène nous proposons pour ce dérivé la formule (VII).

(*) Séance du 9 octobre 1950.

([1]) Campbell, Dodds et Lawson, *Nature*, 142, 1938, p. 1121.

([2]) *Ber.*, 64, 1931, p. 1494.

Essayé physiologiquement par le test d'Allen et Doisy (voie parentérale), il s'est révélé comme possédant une activité du même ordre de grandeur que celle des œstrogènes de synthèse utilisés en clinique (0γ,25 = une unité internationale de folliculine).

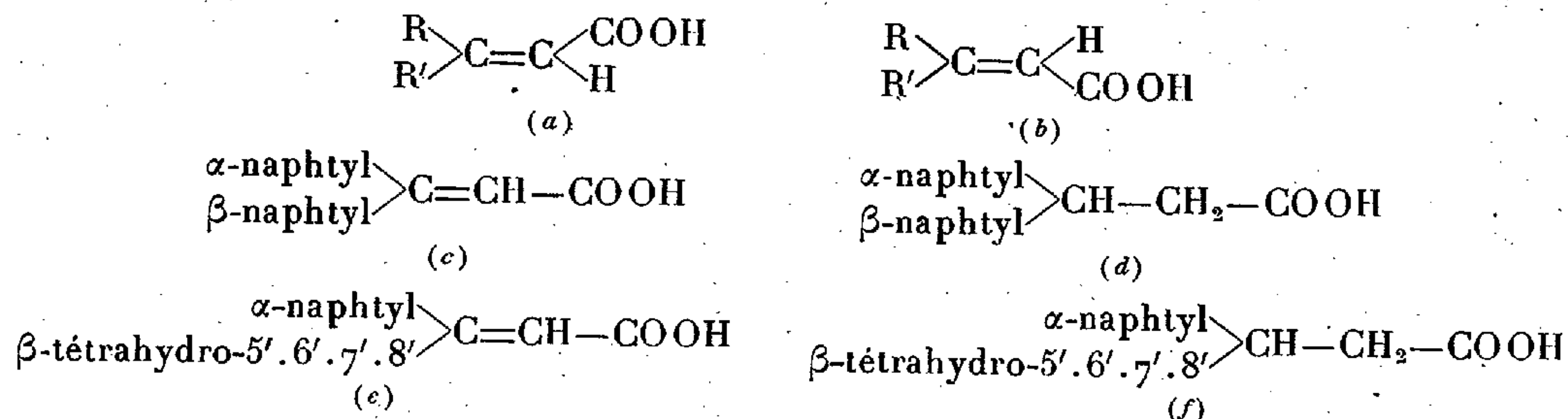


CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques acides acryliques et propioniques disubstitués dérivés du naphtalène.* Note de Mlle **Germaine Cauquil**, M. **Héribert Barrera** et Mlle **Geneviève Turpin**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les deux couples d'acides stéréoisomères (α-naphtyl)-3 (β-naphtyl)-3 acryliques et (α-naphtyl)-3 (β-tétrahydro-5'.6'.7'.8') acryliques ont été obtenus par réaction de Reformatsky. Leur réduction a donné les deux acides propioniques correspondants. Contrairement aux faits connus, c'est la forme *allo* qui s'est formée en plus grande quantité dans ces deux séries acryliques.

La réaction de Reformatsky appliquée à la condensation des cétones avec le bromacétate d'éthyle, en présence de zinc ou de magnésium, constitue une voie

d'accès aux acides acryliques β.β-disubstitués. En général, au cours de la déshydratation de l'acide-alcool, un seul des deux stéréoisomères possibles (*a*) ou (*b*) se forme.



L'autre, appelé forme *allo*, peut être obtenu : soit par irradiation ultraviolette d'une solution du premier ([1]), soit par des réactions chimiques différentes. L'obtention simultanée des deux formes (*a*) et (*b*) a été rarement signalée ([2]).

D'après nos derniers travaux ([3]) et ceux de Koelsch et Prill ([4]), il semblerait que les deux formes existent presque toujours; mais en proportions très variables avec les substituants. Le plus souvent la forme *allo*, en très faible quantité, avait dû passer inaperçue.

Nous présentons deux nouveaux exemples, dans lesquels les substituants R et R′ ont été volontairement choisis très voisins l'un de l'autre au point de vue propriétés générales, afin de faciliter la formation simultanée des deux stéréoisomères. Dans le premier : R = α — naphtyl, R′ = β — naphtyl; et dans le deuxième : R = α — naphtyl, R′ = β — tétrahydro-5′.6′.7′.8′-naphtyl.

La condensation des cétones correspondantes avec le bromacétate d'éthyle en présence de zinc se fait avec un mauvais rendement, même si l'on observe les recommandations techniques les plus récentes ([5]). Les deux tiers de la cétone primitive restent inchangés. La distillation du produit brut provoque la déshydratation de l'ester-alcool et la saponification par la potasse alcoolique fournit un mélange de deux acides.

Exemple I. — Par cristallisation dans l'éthanol, l'acide le moins soluble, et de beaucoup le plus abondant, fond à 205°; de ses eaux-mères on retire un deuxième acide, F 169-170°. L'irradiation ultraviolette laisse inchangé l'acide F 205°; et après quatre jours transforme quantitativement l'acide F 169-170° en acide F 205°. L'hydrogénation par l'amalgame de sodium à 2 % des deux isomères précédents, donne : l'acide (α-naphtyl)-3

([1]) R. Stoermer, *Ber.*, 42, 1909, p. 4865; *ibid.*, 44, 1911, p. 637.

([2]) G. Schroeter, *Ber.*, 40, 1907, p. 1589; H. Rupe, H. Steiger et F. Fiedler, *Ber.*, 47, 1914, p. 63.

([3]) G. Cauquil et H. Barrera, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1282; H. Barrera, *Thèse*, *Sc. Phys.*, Paris, 1948; G. Cauquil, H. Barrera et H. Orzalesi, *Bull. Soc. Chim.* [5] 17, 1950, p. 211.

([4]) *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1296.

([5]) R. Shriner, *Organic Reactions*, vol. I, Chap. I.

(β-naphtyl)-3 propionique $C_{23}H_{18}O_2$(*d*) F 164-165° après purification dans l'éthanol et le toluène. Les produits F 205° et 170° sont donc bien les deux acides (α-naphtyl)-3 (β-naphtyl)-3 acryliques stéréoisomères $C_{23}H_{16}O_2$(*c*).

Acide F 205°; P. M. observé 327; calculé 324; amide F 183°; dosage d'azote semi-micro Kjeldahl : observé 4, 44 % ; calculé pour $C_{23}H_{17}ON$: 4, 33 %.

Acide F 164-165°; P. M. observé 322; calculé 326.

Exemple II. — Par cristallisation fractionnée dans le mélange (benzène + éther de pétrole), puis dans l'éthanol on sépare un acide F 197° et, de ses eaux-mères, on retire un deuxième acide F 165° en assez faible quantité.

Par irradiation ultraviolette l'acide F 197° reste inaltéré; l'acide F 165°, après six jours, se transforme en totalité en acide F 197°.

Les deux stéréoisomères par réduction à l'amalgame de sodium donnent l'acide (α-naphtyl)-3 (β-tétrahydro-5'.6'.7'.8'-naphtyl)-3 propionique $C_{23}H_{22}O_2$(*f*) F 185°, amide F 159° du méthanol ou de l'éthanol. Ce sont donc bien les acides (α-naphtyl)-3 (β-tétrahydro-5'.6'.7'.8'-naphtyl)-3 acryliques (*e*).

Acide F 197°; P. M. observé 332; calculé 328; Amide F 185°; dosage N par semi-micro Kjeldahl : observé 4,12 % ; calculé pour $C_{23}H_{21}ON$: 4,28 %.

Acide F 185°; P. M. observé 329; calculé pour $C_{23}H_{22}O_2$: 350; Amide F 159°; dosage N par semi-micro Kjeldahl observé 4,32 %; calculé 4,25 %. Cet amide cristallise dans le toluène F 132°, sa formule d'après les résultats analytiques serait $C_{23}H_{23}ON . 1/2\, C_6H_5.CH_3$.

Contrairement à ce qui arrivait dans les cas anciennement connus de formation simultanée des deux stéréoisomères ([2]), c'est la forme *allo*, celle d'énergie plus élevée qui s'est formée en quantité plus abondante; il ne semble donc pas que la stabilité thermodynamique soit un facteur important dans la formation de l'un ou l'autre isomère au cours de la déshydratation. La règle de Stœrmer ([6]) se trouve vérifiée dans ces deux nouveaux exemples : La forme *allo* a le plus haut point de fusion et la plus faible solubilité.

L'acide α-naphtyl)-3 (β-tetrahydro-5'.6'.7'.8')-3 propionique a été aussi synthétisé : par condensation du malonate d'éthyle sodé sur l'ester bromhydrique de l'(α-naphtyl) (β-tétrahydro-5'.6'.7'.8') carbinol, suivie de saponification et décarboxylation par la chaleur à 175°-180°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés acétyléniques de l'anthracène : produits d'hydratation.* Note (*) de M. **Guy Rio**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Obtention d'une dicétone et d'une monocétone acétylénique provenant du *bis*-(phényléthynyl)-9.10 anthracène; hydratation des dérivés dihalogénés du diquinol diacétylénique correspondant, passage à la monocétone acétylénique; proposition d'une nouvelle structure pour ces dérivés dihalogénés.

a. Poursuivant l'étude du *bis*-(phényléthynyl)-9.10 anthracène (I) décrit précédemment ([1]), j'ai hydraté cet hydrocarbure par l'acide sulfurique en

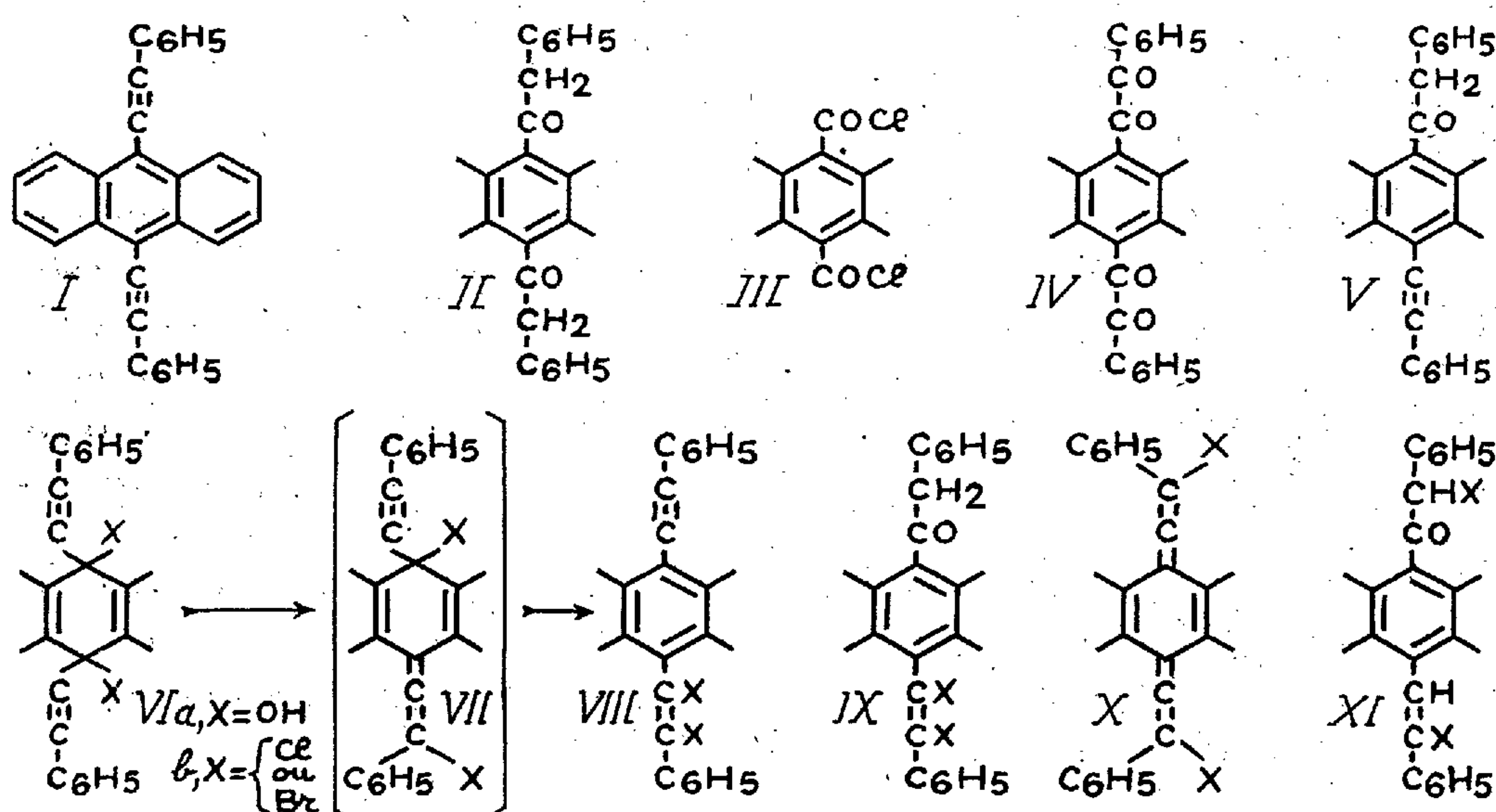
---

([6]) R. Stœrmer F. Grimm et E. Laage, *Ber.*, 50, 1917, p. 959.

(*) Séance du 25 septembre 1950.

([1]) Ch. Dufraisse, J. Mathieu et G. Rio, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 937.

solution acétique à chaud, et j'ai obtenu une dicétone $C_{30}H_{22}O_2$, F 212-213°, jaune pâle, énolisable en solution de potasse méthylique avec coloration rouge; la facile énolisation explique l'existence de deux hydrogènes mobiles effectivement trouvés par la méthode de Zéréwitinoff. Le sens de la fixation des deux molécules d'eau a été déterminé par une synthèse de cette dicétone : réaction du chlorure de benzylmagnésium sur le dichlorure de l'acide anthracène-dicarboxylique-9.10 (III) (²); la dicétone est donc le *bis*-(phénylacétyl)-9.10 anthracène (II). Cette synthèse, ainsi que les essais infructueux d'oximation et de réaction de la dinitro-2.4 phénylhydrazine, montrent que les carbonyles sont peu réactifs, comme ceux des cétones de ce type. Par contre les méthylènes sont facilement oxydables par l'anhydride sélénieux en solution acétique, formant une tétracétone, le *bis*-(phénylglyoxylyl)-9.10 authracène, $C_{30}H_{18}O_4$ (IV), jaune vif, F 224-225°.



Si l'on cherche à hydrater incomplètement l'hydrocarbure (I) (durée de chauffage plus courte), on obtient une monocétone acétylénique, le phénylacétyl-9 phényléthynyl-10 anthracène (V), à côté du produit initial et de la dicétone, difficiles à éliminer, surtout cette dernière, même par chromatographie. La monocétone $C_{30}H_{20}O$, jaune vif, F 191-192°, formant un énolate jaune orangé avec la potasse méthylique, et possédant un hydrogène mobile, donne bien la dicétone (II) par hydratation complète, ce qui confirme la formule (V). Ces trois corps cétoniques (II), (IV) et (V) donnent des solutions non fluorescentes.

(²) J. Mathieu, *Ann. Chim.*, [11], 20, 1945, p. 231.

b. J'ai soumis au même réactif hydratant les composés halogénés $C_{30}H_{18}X_2$, obtenus par action des hydracides sur le dihydroxy-9.10 *bis*-(phényléthynyl)-9.10 dihydro-9.10 anthracène (VI *a*), et décrits dans une Note précédente ([3]). Parmi ceux-ci, le composé chloré dimorphe (F 152-153° et 163-164°) ne conduit qu'à une résine, mais son isomère F 223-224° et l'analogue bromé F 251-252° donnent des produits d'hydratation $C_{30}H_{20}OX_2$, jaune pâle, respectivement F 184-185° et 199-200°; ils ne sont pas fluorescents en solution, leurs énolates sont jaune orangé et ils possèdent chacun un hydrogène mobile. Ils ne libèrent pas l'iode du mélange NaI + HCl, ce qui semble exclure la présence d'un halogène en α du carbonyle. Le dérivé bromé $C_{30}H_{20}OBr_2$ est déshalogéné, par la poudre de zinc et l'alcool, de manière beaucoup plus nette que le dérivé chloré, en donnant la monocétone acétylénique (V) décrite ci-dessus. La formule (IX) serait celle qui s'accorderait le mieux avec ces propriétés; les cétones halogénées seraient alors des dihalogénures de cétone acétylénique, ou encore des phénylacétyl-9 dihalogénostyryl-10 anthracènes.

c. Cette formation de monocétone (V) à partir des corps halogénés remet en question la formule bisallénique (X), qui avait été primitivement proposée pour ceux-ci ([3]), en admettant une transposition des halogènes de (VI *b*) conforme au type classique présenté par les dérivés triarylpropargyliques ([4]). En effet, si cette formule était correcte, on pourrait envisager une hydratation donnant une cétone dihalogénée éthylénique (XI) par une addition 1.6, mais la déshalogénation de (XI) en cétone acétylénique (V) ne s'expliquerait alors que par un mécanisme assez compliqué. D'ailleurs l'un des caractères cités plus haut s'accommode mal de la formule (XI), à cause de la position α de l'un des halogènes par rapport au carbonyle.

Je suis donc amené à formuler une deuxième hypothèse pour la constitution des composés halogénés $C_{30}H_{18}X_2$. La formule (VIII), qui est celle de dihalogénostyryl-9 phényléthynyl-10 anthracènes, semble permettre de mieux interpréter ces nouvelles réactions. Le point de départ serait la formule, hypothétique dans le cas présent, des diesters normaux (VI *b*); elle serait transformée par une double migration des halogènes, l'une 1.3, du type triarylpropargylique ordinaire, donnant l'intermédiaire hypothétique (VII), l'autre 1.5, dont on connaît des analogues ([5]), aboutissant à la nouvelle structure proposée (VIII). Il serait également facile d'imaginer un mécanisme de passage par les hydracides du diol (VI *a*) à la structure (VIII) par des additions et éliminations, sans avoir à invoquer des transpositions à proprement parler.

([3]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 690.

([4]) A. Willemart, *Ann. Chim.*, [10], **12**, 1929, p. 415; J. Robin, *Ann. Chim.*, [10], **16**, 1931, p. 481.

([5]) Julian, *J. Am. Chem. Soc.*, **57**, 1935, p. 1607; **71**, 1949, p. 2058 et 2368; A. Étienne et R. Brisson, *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 208 et 288.

GÉOLOGIE. — *Structure d'ensemble du bassin Houiller et Permien de Graissessac.* Note (*) de M. **Jean Louis**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Le développement progressif, de l'Est à l'Ouest, des formations inférieures, accompagné d'une disparition par érosion des bancs supérieurs, est le trait dominant de la structure du Houiller de Graissessac.

Inversement, si l'on chemine de Plaisance à la vallée de l'Orb, on voit affleurer des niveaux de plus en plus récents du Carbonifère et, finalement, le Permien inférieur représenté par des schistes et grès à *Walchia*; les grès rouges du Permien supérieur le surmontent.

On peut effectuer plusieurs importantes observations :

1° Entre Houiller et Permien inférieur existe une certaine discontinuité lithologique, marquée par un changement de nature des grès, par la réapparition brusque des conglomérats, devenus rares au sommet du Houiller. Ces conglomérats sont interstratifiés dans des grès et des schistes.

2° Dans la région axiale du bassin, les contours du Permien inférieur sont parallèles à ceux des affleurements des couches de houille.

3° Il n'existe pas de coupure nette entre Permien inférieur et supérieur, ainsi qu'on peut le constater entre Fontanilles et le Bousquet : on passe de l'un à l'autre par multiplication des lits de schiste, marne et grès rouges.

4° Les conglomérats du Permien supérieur sont interstratifiés au milieu des grès rouges appelés *ruffes*. Entre Fontanilles et le Bousquet, on voit même les *ruffes* apparaître à la base des premiers conglomérats. Ceux-ci, tout comme les formations de même nature du Permien inférieur, ne semblent pas ici en relation avec une phase tectonique importante.

5° Les mines de Graissessac ont creusé récemment trois travers-bancs partant du Permien supérieur pour aboutir dans le Houiller. Ces galeries n'ont recoupé que des failles franches, ne modifiant pas l'inclinaison des assises. Les pendages, relevés avec précision par les géomètres, aussi bien dans les bancs houillers que dans ceux du Permien inférieur et supérieur, sont concordants.

6° Deux sondages faits dans la région de Saint-Xist, à partir des *ruffes*, ont recoupé des épaisseurs de Permien inférieur et de Houiller sensiblement normales, ce qui implique, tout au moins dans l'aire même du bassin, l'absence d'une discordance angulaire entraînant une variation d'épaisseur.

7° En surface, on peut voir le Permien supérieur, entre Latour et le Bousquet, dessiner un synclinal prolongeant celui du Houiller.

(*) Séance du 9 octobre 1950.

8° Par contre, les conglomérats à galets de quartz du Trias inférieur, identiques à ceux qu'on observe dans les bassins du Gard et de Blanzy à la base de cet étage, reposent en discordance angulaire sur les grès rouges permiens.

Le Permien paraît donc jouer, par rapport aux assises supérieures du Carbonifère, le même rôle que ces dernières vis-à-vis des bancs inférieurs. Nous avons vu ceux-ci se réduire et disparaître vers l'Est tandis que se développaient dans cette direction les formations plus jeunes. Ces dernières, à leur tour, si l'on s'avance plus loin encore vers l'Est, diminuent d'épaisseur et cèdent la place au Permien; celui-ci peut finalement reposer sur le socle.

Ces observations laissent supposer l'existence d'un cycle permo-houiller durant lequel n'interviendrait aucune phase tectonique majeure. Les dépôts houillers commencent dans les régions occidentales du bassin, au centre d'une dépression qui doit être en relation avec la zone de mylonites séparant le sédimentaire de l'axe métamorphique, vérifiant une hypothèse de P. Termier. Ils s'étendent vers l'Est, chaque nouvelle assise débordant les limites de la précédente et reposant en partie sur le socle. A un certain moment, la sédimentation s'arrête à la suite d'une modification du régime des eaux. Elle reprend dans les mêmes conditions au Permien, dont l'aire de dépôt devient de plus en plus vaste. Parallèlement intervient une évolution progressive du climat entraînant un changement de nature des roches qui deviennent par instant grossières (apports torrentiels).

A la fin de l'époque permienne, le régime désertique domine, expliquant la formation des grès rouges.

D'importants plissements modifient ensuite profondément l'aspect de la région; une érosion succède, précédant elle-même le dépôt du Trias.

C'est enfin la tectonique tertiaire qui semble responsable de la plupart des accidents qui affectent le bassin de Graissessac. Nous les classerons en quatre groupes :

1° failles longitudinales WNW-ESE à effondrement Nord, visibles dans le Secondaire avec une amplitude comparable;

2° failles NNE-SSW, à effondrement Est, également marquées dans le Trias et le Jurassique;

3° une série d'accidents de même direction que les précédents mais à faible rejet en sens inverse;

4° de grandes failles E-W effondrant les terrains vers le Nord jalonnant le bord Sud du bassin. Nous n'avons pu vérifier si elles se prolongeaient dans le Secondaire.

Les accidents des deux premiers groupes sont certainement tertiaires; il en est probablement de même pour ceux des deux derniers groupes, sans qu'il soit possible de l'affirmer avec certitude.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur un procédé de mesure des charges portées par de fines particules électrisées.* Note de MM. **Louis Godard** et **Camille Lafargue**, présentée par M. Charles Maurain.

L'article décrit un procédé de mesure absolue de la charge électrique portée par de fines particules naturelles (brouillard, brume, pluie) ou artificielles (aérosols). De plus, une méthode d'analyse de la brume par captation électrostatique est décrite.

Les particules électrisées sont captées dans un fluide de viscosité connue η, placé entre les deux armatures verticales d'un condensateur plan. Ces armatures sont portées à des potentiels constants V_1 et V_2. Le déplacement L des particules soumises à l'influence du champ électrique pendant un temps t, est suivi et mesuré à l'aide d'un microscope à oculaire micrométrique.

S'il s'agit de particules sphériques de rayon R portant une charge électrique e, la loi de Stokes fournit en première approximation la relation

$$e = 6\pi\eta R \frac{L}{t} \frac{d}{V_1 - V_2},$$

où d représente la distance séparant les armatures planes du condensateur.

Cette méthode convient bien à la mesure des charges très faibles portées par des gouttes de pluie et de brouillard, des cristaux de neige ou des aérosols. Elle permet d'étudier une particule isolée ou, en prenant des clichés à divers instants, d'effectuer des statistiques d'ensemble. On peut ainsi établir dans chaque cas la loi de variation $e(R)$ des charges en fonction des dimensions des particules. Dans le cas des brouillards on peut effectuer des prélèvements en différents points du nuage.

Le choix du fluide est naturellement imposé par la nature des particules étudiées; le fluide doit être un isolant aussi parfait que possible et être complètement hydrofuge. Après avoir utilisé des huiles de paraffine, dans lesquelles l'eau est toujours légèrement soluble, notre choix s'est arrêté sur des silicones parfaitement hydrofuges, présentant en outre, grâce à leur structure de hauts polymères, une vaste gamme de densités et de viscosités.

Il reste malgré tout difficile d'étudier par ce procédé l'état électrique des particules de brume les plus ténues (diamètres de quelques dixièmes de micron). Aussi avons-nous mis au point la méthode suivante : La brume est aspirée à faible débit à travers un tube isolant de plexiglass, à base carrée, dont deux faces opposées peuvent être remplacées par des armatures de laiton recouvertes à l'intérieur d'une mince pellicule de plexiglass enduite de silicone. On établit entre les armatures une différence de potentiel continue. Les particules de brume aspirées à une extrémité du tube sont projetées électrostatiquement sur les parois de plexiglass, et retenues par la silicone. En choisis-

sant des silicones de viscosité moyenne, on peut ainsi effectuer une statistique des gouttes positives et négatives.

Mais la méthode dépasse largement cette seule application. Elle permet en effet la captation des gouttelettes de brume, et par suite leur étude : statistique des dimensions, et, après dessiccation, une étude des résidus cristallins. Il est intéressant de noter que l'emploi de silicones de faible viscosité permet, en favorisant les coalescences entre gouttes, d'obtenir après dessiccation de gros cristaux plus faciles à étudier.

Des expériences effectuées à l'Observatoire du Puy de Dôme ont montré que les résidus cristallins étaient en général des cubes plus ou moins bien conformés, isotropes en lumière polarisée. Ces résultats sont conformes à ceux obtenus par H. Dessens à Labarthe-Inard (Haute-Garonne) après captation des gouttelettes de brume par des fils fins d'araignée ([1]).

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Variation diurne lunaire de la composante verticale du champ magnétique terrestre au Val-Joyeux.* Note de M. **Paul Rougerie**, présentée par M. Charles Maurain.

Suite d'une étude sur les variations magnétiques d'origine lunaire. Détermination des amplitudes et des phases des principales ondes caractérisant cette évolution.

Nous avons utilisé les valeurs horaires déduites des enregistrements recueillis dans cet observatoire entre le 1er janvier 1912 et le 31 mars 1937. Ces données initiales se répartissent régulièrement sur les mêmes lunaisons qui ont servi antérieurement à déterminer l'évolution diurne lunaire de la déclinaison magnétique ([1]). Elles ont été traitées de la même façon et analysées au moyen de la même méthode décrite dans une précédente Note ([2]).

Les journées lunaires présentant une amplitude diurne supérieure à 70^{γ} n'interviennent pas dans notre statistique qui porte ainsi sur 8831 jours lunaires. La répartition saisonnière des diverses amplitudes apparaît analogue à celle constatée pour la déclinaison. L'amplitude la plus fréquente est de 8^{γ} en hiver et de 12^{γ} pendant le reste de l'année. Pour 31 journées l'écart entre les élongations extrêmes dépasse 100^{γ}. Les amplitudes comprises entre 7 et 14^{γ} ont une fréquence supérieure à 5 % et groupent 55 % environ de la totalité des jours.

Le développement en série de Fourier de chacune des 24 séries d'écarts lunaires résumant l'évolution moyenne pendant une lunaison complète nous a permis de vérifier convenablement la *loi des phases*, sauf pour l'onde diurne.

([1]) *Annales de Géophysique*, 2, 1946, p. 343; 3, 1947, p. 68.

([2]) P. Rougerie, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 67.

La variation graduelle de φ_1, égale à -2π au cours d'une lunaison n'a été trouvée qu'après élimination de la plus grande partie du résidu solaire important par rapport au terme lunaire cherché.

Voici pour les quatre ondes principales les valeurs de C_n en γ et de φ_n en degrés ramenés à 0^h de la nouvelle Lune :

	C_1.	φ_1	C_2.	φ_2.	C_3.	φ_3.	C_4.	φ_4.
	γ	°	γ	°	γ	°	γ	°
Été..........	0,18	243	0,95	340	0,34	296	0,01	82
Équinoxes.....	0,09	242	0,83	357	0,21	320	0,08	349
Hiver.........	0,19	243	0,75	337	0,08	313	0,03	342
Année........	0,08	320	0,83	354	0,18	316	0,04	350

Ce tableau met en évidence des variations saisonnières des ondes L_2, L_3 et L_4 semblables à celles dégagées pour les composantes correspondantes de la déclinaison, cependant moins accentuées dans le cas de l'amplitude de l'onde semi-diurne L_2. Celle-ci est nettement prépondérante alors que pour la variation solaire S les coefficients C_1 et C_2 sont sensiblement équivalents. Les amplitudes C_2 et C_3 passent par un maximum en été et par un minimum en hiver; comme pour la déclinaison, le terme quart-diurne C_4 prend sa plus grande valeur durant les mois d'équinoxes. La variation saisonnière de l'amplitude diurne L_1 apparaît mal définie.

L'évolution globale calculée pour chacune des huit phases lunaires principales à partir des coefficients C_n et φ_n de l'année indique pour la composante magnétique verticale une variation diurne ayant une forme encore plus simple que celle de la déclinaison. Comme pour ce dernier élément magnétique, la variabilité de l'ionisation des couches atmosphériques responsables du phénomène se manifeste modérément : le rapport des amplitudes de jour à celles de nuit atteint comme pour la déclinaison 1,3 environ.

ALGOLOGIE. — *Les cellules nageuses des Algues dans l'embranchement des Chromophycées.* Note (*) de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Des *cellules nageuses* (zoospores, zoogamètes, espèces monadoïdes) existent dans deux des quatre grands embranchements d'Algues : les Chlorophycées, à chloroplastes toujours verts et amidon vrai, intra-plastidial, et les Chromophycées, à plastes parfois également verts, mais bien plus souvent jaunes ou bruns, voire bleus ou rouges, et inclusions amylacées, lorsqu'il y en a, constituées par des amylons extra-plastidiaux. Il n'y en a pas dans les deux autres grands embranchements, c'est-à-dire chez les Rhodo- et les Cyanophycées.

(*) Séance du 9 octobre 1950.

D'après leur morphologie (non leur cytologie) les *cellules nageuses des diverses Chromophycées* se rattachent à quatre types fondamentaux, qu'on peut présenter en une série *pseudo*-orthogénétique, de la façon suivante :

Type A, primitif (*fig.* 1) : symétrie axiale; pôle antérieur creusé d'une fosse vestibulaire en forme de *cratère*, au fond de laquelle sont insérés les fouets; ceux-ci, en nombre variable, sont du type isokonte, c'est-à-dire tous semblables et dirigés vers l'avant. Classe des *Pocillophycinées* (une seule esp, : *Pocillomonas flos-aquae* Steinecke).

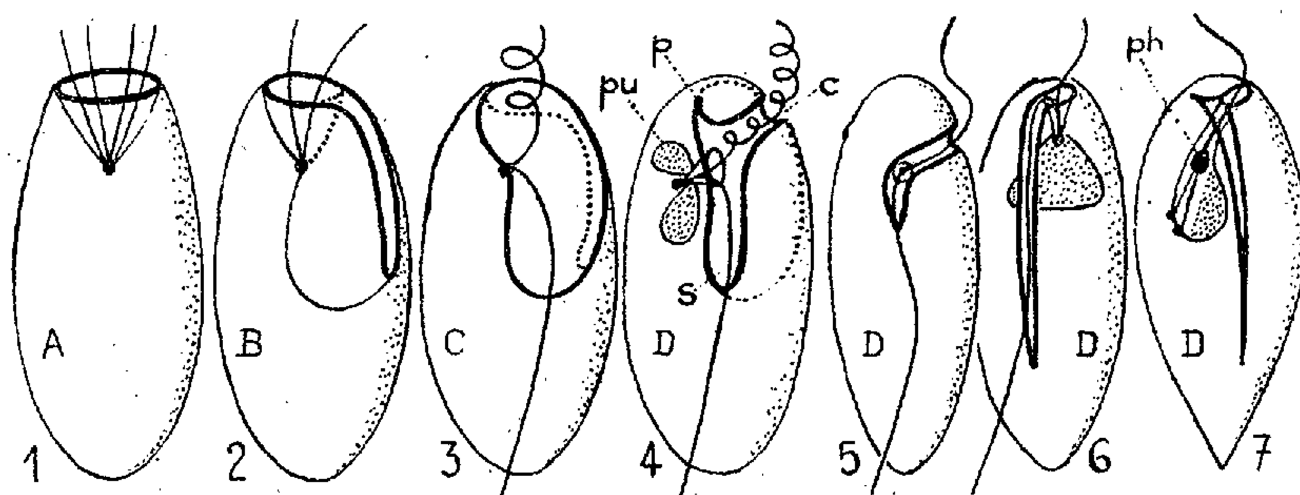


Fig. 1 à 7. — *Cellules nageuses des Chromophycées* (schémas).

En 2, 3 et 4, les lignes en pointillé permettent de comprendre comment chaque type dérive du précédent. En 4, 6 et 7, les pusules annexées aux puits flagellaires sont couvertes d'un pointillé. Sur toutes les figures, la ligne renforcée délimite l'orifice de la fosse vestibulaire.

Type B (*fig.* 2) : corps dorsiventralisé; cratère vestibulaire transformé, par égueulement, en une étroite et profonde *tranchée* longitudinale-ventrale; seulement deux fouets, insérés sur le fond de cette tranchée, en un point qui correspond au fond du cratère ancestral, et plus ou moins dissemblables, l'un d'eux tendant à se rabattre vers l'arrière. Classe des *Cryptophycinées* (ordres des Cryptococcales et des Cryptomonadales; chez certaines de ces dernières la tranchée vestibulaire est oblitérée).

Type C (*fig.* 3) : corps devenu asymétrique; tranchée convertie, par suppression de son flanc droit, en une *fossette* peu profonde, mais très largement ouverte, creusée sur la partie antérieure du côté droit du corps, qui fait désormais figure de face ventrale; fouets insérés sur le bord droit de la fossette, qui correspond au fond de la tranchée du type D, et avec disposition amphikonte, c'est-à-dire l'un antérieur, onduleux, dirigé obliquement vers l'avant, et l'autre postérieur, raide, dirigé obliquement vers l'arrière. Classe des *Phéophycinées* (des Ectocarpales aux Fucales) (1).

Type D (*fig.* 4) : corps également asymétrique; fossette réduite, par rétrécissement, à un système de trois *sillons*, qui sont : un *sulcus* logeant le fouet

(1) M. CHADEFAUD, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1258.

postérieur (*s*), un *cingulum* logeant le fouet antérieur (*c*) et un *presulcus*, prolongeant le sulcus vers l'avant (*p*); fouets insérés dans un *puits flagellaire* qui, simple ou dédoublé, représente le fond du cratère primitif, et dans lequel débouchent des vésicules excrétrices, les *pusules* (*pu*). Classes :

a. des *Dinophycinées* (ordres des Dinotrichales, Dinococcales, Dinomonadales et leurs alliés), chez lesquelles le cingulum encercle en général complètement le corps, entre un lobe antérieur portant le presulcus et un lobe postérieur portant le sulcus (avec chez certaines Dinomonadales, les Adinides ou Desmokontes, suppression du lobe antérieur, par déplacement du cingulum jusqu'au pôle antérieur du corps);

b. des *Raphidophycinées* (ordre des Raphidomonadales = Chloromonadines), avec presulcus supprimé, et tantôt cingulum long et sulcus court g. (*Chattonnella*, *fig*. 5) ([2]), tantôt au contraire sulcus long et cingulum rudimentaire (g. *Gonyostomum* = *Raphidomonas*, *fig*. 6);

c. des *Euglénophycinées* (ordre des Euglénomonadales) avec, du moins en principe, encore un presulcus et un sulcus, mais le cingulum rudimentaire ou nul (*Euglena* cf. *caudata*, *fig*. 7) ([3]);

d. des *Chrysophycinées* (ordres des Chrysotrichales, Chrysococcales, Chrysomonadales et alliés, et ceux des Xanthotrichales, Xanthosiphonales, Xanthococcales, Xanthomonadales), qui sont apparentées aux précédentes par l'existence assez fréquente d'une pusule, ou encore, sur la base des fouets, d'un photocepteur comparable à celui (*fig*. 7, *ph*) des Euglènes ([4]), mais chez lesquelles une évolution régressive a réduit les sillons vestibulaires à une simple *encoche*, souvent peu distincte, servant à l'insertion de deux fouets dissemblables, égaux en longueur ou non, à disposition hétérokonte.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les glucides du Topinambour*. III. *Données sur leur synthèse biologique*. Note de M. **Raymond Dedonder** et Mlle **Claude Buvry**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Les travaux antérieurs, en particulier ceux de l'Abbé Colin ([1]), ont montré que la localisation des fructosanes du Topinambour n'était pas limitée aux tubercules. On les trouve dans la tige, et à l'automne même, dans le haut de la tige. On sait aussi que la feuille de topinambour est une feuille amylifère. Il était donc indiqué de rechercher la synthèse des fructosanes dans les parties aériennes de la plante.

([2]) B. Biecheler, *Arch. Zool. exp.*, 78, N. et R., 1936, p. 79.

([3]) M. Chadefaud, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 91, 1944, p. 115.

([4]) R. Hovasse, *Le Botaniste*, 34, 1949, p. 243. Le photocepteur des Chrysomonadales a été également observé par P. Bourrelly (*inédit*).

([1]) *Rev. gén. Bot.*, 37, 1925, p. 97; *Bull. Ass. Chim.*, 59, 1942, p. 179.

Nous avons d'abord cherché à localiser plus étroitement le lieu d'apparition des fructosanes. Nous avons pour cela utilisé des topinambours n° 219, récoltés vers le 15 août. Nous avons fait des extraits de : pétioles, sommets de tiges adventives, sommets de tiges principales, bas de tiges, collets, stolons et tubercules. Après défécation, nous avons porté selon notre technique habituelle ces extraits sur la ligne de départ d'un chromatogramme sur papier. Nous avons développé avec du phénol aqueux ou avec du butanol acétique. Nous avons révélé les cétoses et polyfructosanes avec le réactif à l'urée et le glucose avec le phtalate acide d'aniline.

Les résultats peuvent être ainsi résumés :

1° Les pétioles et sommets de tiges adventives ont une composition analogue montrant déjà l'existence d'une longue série d'au moins dix fructosanes;

2° Les sommets des tiges principales montrent une composition presque identique à celle des bas de tiges quant à la série des polymères. Ceci est confirmé par les pouvoirs rotatoires spécifiques situés au voisinage de — 80° pour les trois extraits;

3° On ne trouve pratiquement pas de fructose libre. Il apparaît seulement à l'état de traces dans les stolons;

4° On trouve, par contre, du glucose libre dans tous les extraits et en quantité plus importante dans le collet et dans les stolons;

5° La substance que l'un de nous a désignée sous le nom de corps A (²) et qui est constituée pour la presque totalité par du saccharose, en quantité importante dans les organes de transport, se trouve proportionnellement en quantité beaucoup plus faible dans les tubercules.

L'absence de fructose, la présence de saccharose nous ont fait penser que le saccharose pouvait jouer le rôle de forme de stabilisation et de transport de la molécule de fructofuranose.

Nous avons alors essayé l'action d'extraits diastasiques de sommets de tiges adventives sur du saccharose dans les conditions suivantes : 200^{mg} de saccharose $+ 2^{cm^3}$ de tampon 0,2 M $+ 2^{cm^3}$ d'extrait + toluène à 27°C. Nous avons opéré à pH 6,5 et 7 en milieu tampon phosphaté et non phosphaté. Nous avons ensuite déféqué après 24 heures, 48 heures et 4 jours et porté sur des chromatogrammes développés au butanol acétique.

Nous avons pu observer les résultats suivants :

1° Dans les milieux sans phosphate, le saccharose reste inaltéré;

2° Dans les milieux avec phosphate, une partie du saccharose disparaît avec formation d'une part du premier terme de la série des polymères que nous avons mis en évidence (corps B), d'autre part de glucose libre. Le phénomène est plus important à pH 6,5 qu'à pH 7. Les mêmes résultats sont obtenus avec une préparation enzymatique partiellement purifiée.

(²) R. Dedonder, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 997.

Il nous paraît encore prématuré de nous prononcer sur le mécanisme de cette synthèse.

En conclusion, nous avons pu mettre en évidence *in vitro* une synthèse qui joue très vraisemblablement un rôle physiologique dans la formation de la longue série des fructosanes du Topinambour. L'enzyme responsable supporte une purification partielle; les phosphates sont nécessaires.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Titrages sérologiques du virus de la Jaunisse de la Betterave* (Corium betæ *Holmes*) *dans les organes aériens de Betteraves industrielles et de porte-graines infectés.* Note de MM. **Yves Gendron** et **Pierre Limasset**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les jus extraits des feuilles en voie de croissance active de Betteraves porte-graines sont plus riches en antigène-virus que ceux provenant de feuilles ayant atteint un certain degré de maturité. Cette répartition, inverse de celle des Betteraves industrielles, confirme l'importance des porte-graines dans la transmission de la Jaunisse de la Betterave.

L'étude de la répartition du virus de la Jaunisse de la Betterave a été entreprise par A. Kleczkowski et M. A. Waston (1944) [1] sur des Betteraves industrielles. Des titrages sérologiques leur ont montré que les plus fortes teneurs en antigène spécifique caractérisaient les jus extraits des feuilles périphériques relativement âgées et présentant les symptômes typiques de la maladie. Un essai de transmission du virus réalisé à l'aide des insectes vecteurs a confirmé la pauvreté en virus des jeunes feuilles par rapport aux feuilles âgées.

Après avoir vérifié ces conclusions, il nous a paru intéressant d'étendre cette étude en examinant la répartition du virus dans les organes aériens de Betteraves porte-graines, contaminées l'année précédente à l'état de planchons. Les organes éprouvés, généralement de petites dimensions, fournissaient, après broyage, des quantités de jus le plus souvent insuffisantes pour se prêter à des dosages rigoureux. Nous nous sommes contentés d'évaluer la quantité de virus d'après l'intensité des floculats.

En effet, l'examen de préparations de titres connus avait montré qu'en utilisant un immunsérum convenablement dilué (24 fois par exemple), il était possible d'éviter pratiquement l'effet de zone, de sorte que l'importance relative des floculats donnait une idée exacte de la richesse en antigène. Les jus étaient extraits par simple pression et les dosages réalisés par la micro-méthode sérologique sur lame après 15 minutes d'incubation à 20° [2].

Les résultats sont résumés dans le tableau ci-contre d'après un exemple.

---

(1) *Ann. Appl. Biol.*, 31, 1944, p. 116-120.

(2) P. Limasset et H. Augier de Montgremier, *Ann. Epiphyties*, 13, 1947, p. 173-185.

Feuilles numérotées à partir de la base	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16 [3]
	o	o	o	o	o	o	+	+	+	++	←		++++++		→	
Jeunes pousses à l'aisselle des feuilles	o	ε	o	ε	o	++	++++	←					+++++			→
Tige à hauteur des feuilles	←			o				→	←			ε			→	

On voit donc que, contrairement à ce qu'on observe sur les plantes de première année, ce sont ici les organes jeunes, situés sur la moitié supérieure de la hampe florale, qui se montrent les plus riches en antigène spécifique. Jusqu'à preuve du contraire, il est permis d'admettre que la répartition de l'antigène fournit une image exacte de celle du virus, l'un et l'autre correspondant probablement à une entité unique.

Le comportement si différent de la Betterave à sucre, au cours des deux phases de son cycle végétatif, s'explique aisément si l'on songe que la première est caractérisée par l'emmagasinement des réserves avec un mouvement de sève élaborée prédominant en direction de la racine : le virus, charrié avec la sève élaborée, est alors difficilement transporté dans le bourgeon terminal. Au cours de la deuxième phase, l'utilisation des réserves de la racine pour la formation des graines se caractérise par un mouvement ascendant prédominant de la sève élaborée : il est naturel que ce mouvement favorise une accumulation du virus dans les parties jeunes. On a d'ailleurs montré (C. W. Bennett, 1939) que le virus de la Mosaïque du Tabac manifeste un tel mouvement ascensionnel au moment de la fructification du Tabac.

Les résultats relatés confirment l'importance considérable des porte-graines dans la transmission de la Jaunisse de la Betterave. Les pucerons vecteurs remontent en effet des parties devenues trop âgées en direction des organes jeunes en voie de croissance qui, chez les porte-graines, paraissent être de beaucoup plus riches en virus.

---

(3) Des réactions fortement positives ont été obtenues avec des organes trop petits pour être broyés, tels que bractées et pièces florales. De petits fragments, de 1^{mm} de côté au maximum, étaient écrasés entre lame et lamelle en présence de sérum. Cette technique due à T. Matsumoto et S. Hirane (*J. Soc. Trop. Agr.*, 7, 1935, p. 346-350) était améliorée par l'utilisation du fond noir. Des réactions correspondantes témoins étaient réalisées avec des organes de porte-graines sains d'une autre provenance.

CYTOLOGIE. — *Données caryologiques sur quelques Pulmonés Basommatophores.* Note (*) de M. **Jean Le Calvez** et Mlle **Philomène Certain**, présentée par M. Louis Fage.

Les Mollusques Pulmonés fournissent depuis longtemps un abondant matériel aux cytologistes. Mais il faut constater que ce sont les Stylommatophores qui furent presque exclusivement utilisés. Et, dans le domaine de la caryologie comparée, les travaux de M. et de J. L. Perrot représentent la seule étude extensive ayant permis une certaine connaissance du groupe. Par contre, les *Basommatophores* furent à peu près complètement délaissés.

Notre enquête s'est bornée jusqu'ici à six espèces dulcaquicoles bretonnes, appartenant aux quatre principales des neuf familles de la faune française. Ce sont : *Limnea limosa, Physa acuta* et *P. fontinalis, Planorbis cornuta* et *P. vortex*, et *Ancylastrum costulatum.*

Les observations ont porté sur les divisions réductrices des éléments de la lignée germinale mâle, étudiées par la méthode de l'acéto-carmin selon la technique en usage dans notre laboratoire.

La comparaison des images obtenues permet de relever certains faits portant sur le nombre des chromosomes, leur forme, et la liaison nucléolaire. Tout d'abord, en ce qui concerne le nombre, les espèces étudiées rentrent dans deux groupes très inégaux. L'un comprend *Limnea limosa, Physa acuta, P. fontinalis, Planorbis cornuta* et *Planorbis vortex* qui ont toutes, dans les spermatocytes normaux, un nombre haploïde de 18, chiffre établi déjà par J. L. Perrot pour *Limnea stagnalis* [1]. Au contraire, le nombre haploïde de *Ancylastrum costulatum* est bien plus élevé et se place aux environs de 59.

En ce qui concerne le type des chromosomes, la forme des tétrades diakinétiques et pro-anaphasiques semble indiquer que chez les espèces où $N = 18$, il s'agit en majorité ou en totalité de bivalents métacentriques avec un chiasma terminal à chaque bras. Par contre, les courts et nombreux éléments de *Ancylastrum* ne permettent aucune affirmation sur le mode d'insertion des chromosomes.

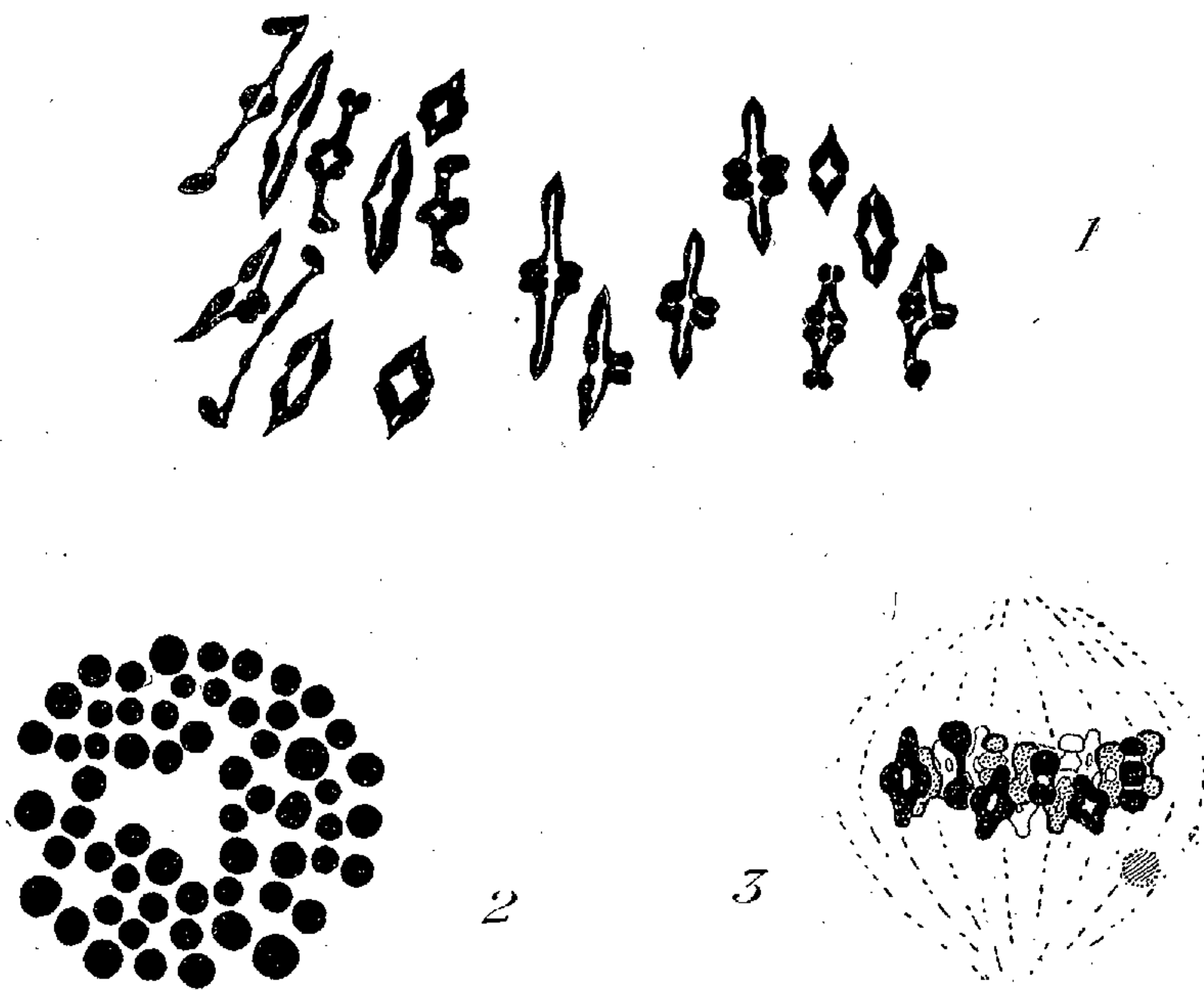
Chez toutes les espèces analysées, les prophases méiotiques confirment enfin le fait que le nucléole unique, visible au repos dans les spermatocytes de premier ordre, apparaît ultérieurement attaché à une extrémité d'un bivalent. Ces relations pouvaient déjà se reconnaître sur les figures de certains anciens auteurs ayant étudié la spermatogénèse des Pulmonés; elles viennent d'être récemment précisées, justement chez *Physa acuta* [2], et nous les avons

(*) Séance du 9 octobre 1950.

[1] *Rev. suisse de Zool.*, **41**, 1934, p. 693-697.

[2] O. Tuzet et J. Mariaggi, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1790-1791.

aussi reconnues chez plusieurs Stylommatophores. Le nucléole est libéré dans le caryoplasme au cours de la prophase méiotique. Son individualité persiste plus ou moins tardivement suivant les espèces et, lorsqu'il est encore présent à la métaphase, on le retrouve hors de la plaque équatoriale (position qui paraît l'avoir fait prendre pour un hétérochromosome par certains descripteurs). Il se lyse dans le cytoplasme après la disparition de la membrane nucléaire.



Chromosomes de Pulmonés Basommatophores, lignée germinale mâle. 1, *Limnea limosa* : début d'anaphase I, plaque très étalée; 2. *Ancylastrum costulatum* : métaphase I en vue polaire; 3, *Physa fontinalis* : métaphase I de profil. Grossissement 3000.

Ces observations préliminaires montrent déjà une parenté caryologique indéniable entre les familles des Limnaeidæ, Physidæ et Planorbidæ européennes où le nombre chromosomique paraît être stabilisé à 18. Il faut noter au passage que ce nombre et son double approché (35) viennent d'être établis avec précision par Staiger (³) chez divers Prosobranches Sténoglosses. Par contre, dans la famille des Ancylidæ, le seul genre inventorié s'écarte notablement par son caryotype de celui des autres Basommatophores. Les chiffres respectifs : 59 et 18 parlent peu en faveur d'une polyploïdie possible; il faudrait peut-être voir les causes de ces différences dans un diphylétisme du groupe.

(³) *Chromosoma*, 6, 1950, p. 54-56.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de l'exercice musculaire sur la valeur de la glycémie de la Carpe* (Cyprinus Carpio *L.*). Note (*) de M. **Marcel Secondat**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Le taux du sucre sanguin de la Carpe soumise à un effort musculaire intense et prolongé subit une élévation plus ou moins accentuée qui n'atteint pas sa plus haute expression au même moment chez tous les individus. Le retour à la glycémie normale s'effectue dans des temps très inégaux. Ces différences de comportement individuel semblent être en rapport avec la température de l'eau et avec la flèche d'hyperglycémie.

De précédentes recherches nous ont permis de mettre en évidence quelques modifications sanguines qui se manifestent chez la Carpe au cours d'un exercice musculaire intense et prolongé (1), (2), (3).

Poursuivant nos investigations, nous avons dosé le sucre sanguin sur des Poissons au repos, puis sur les mêmes sujets après les avoir contraints à un gros effort musculaire, aboutissant à une fatigue manifeste.

Nous avons opéré sur des sujets à jeun, d'un poids de 400 à 600^g c'est-à-dire capables de supporter plusieurs prises de sang dans la même journée.

Nos prélèvements ont été effectués par ponctions cardiaques, suivant la technique exposée dans une Note précédente (1). Chaque sujet subissait quatre prises de sang successives : la première avait lieu avant l'exercice, la deuxième était pratiquée immédiatement après le travail musculaire, la troisième six heures après la fin de l'exercice, enfin un quatrième prélèvement était effectué 24 ou 48 heures après l'effort pour déterminer la durée de la perturbation glycémique.

Le dosage du sucre sanguin a été réalisé par la micro-méthode de Folin et Malmross. Ce procédé, qui ne nécessite que 1/10 de centimètre cube de sang, nous a permis d'opérer des prélèvements rapides et d'éviter ainsi l'hyperglycémie asphyxique.

Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-contre.

L'examen de ces chiffres nous permet de dégager les constatations suivantes :

1° Le taux du sucre sanguin de la Carpe au repos et à jeûn présente des variations individuelles très considérables, oscillant entre des valeurs extrêmes très larges.

(*) Séance du 7 août 1950.

(1) M. Secondat et D. Diaz, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 71.

(2) R. Auvergnat et M. Secondat, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 92.

(3) M. Secondat, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1787.

2° Les chiffres qui traduisent l'influence de l'exercice musculaire sur le taux du sucre sanguin de la Carpe nous offrent à considérer successivement les variations de la glycémie après l'effort et le temps de retour à la glycémie normale.

Glycémie en grammes pour mille.

Carpe.	Au repos.	Immédiat. après l'exercice.	6 heures après l'exercice.	24 heures après l'exercice.	48 heures après l'exercice.	Flèche d'hyperglycémie.	Température de l'eau.
1.....	0,400	0,500	0,450	–	–	0,100	18–20° (juin)
2.....	0,500	0,800	–	0,600	–	–	
3.....	0,400	1,100	1,300	1,000	–	0,900	
4.....	0,350	1,000	1,100	1,000	–	0,750	
5.....	0,575	0,750	0,650	–	–	0,175	
6.....	0,408	0,600	0,475	–	–	0,192	19–22° (sept.)
7.....	0,475	0,525	0,500	–	–	0,050	
8.....	0,550	0,950	1,575	0,625	–	1,025	
9.....	0,475	0,880	1,100	0,500	–	0,625	
10.....	0,575	0,825	–	0,625	–	–	
11.....	0,575	0,575	1,275	–	1,050	0,700	6–8° (janv.)
12.....	0,850	0,850	1,275	–	1,050	0,425	
13.....	0,475	0,400	0,975	–	0,825	0,500	
14.....	0,600	0,525	1,250	–	1,000	0,650	
15.....	0,425	0,400	0,950	–	0,825	0,525	
16.....	0,400	0,400	0,950	–	0,875	0,550	

Après l'effort, on note dans tous les cas une élévation plus ou moins accentuée de la glycémie; il apparaît en outre que cette élévation du taux du sucre sanguin n'atteint pas sa plus haute expression au même moment chez tous les individus.

La durée de la perturbation glycémique varie dans des limites très larges, le retour à la glycémie initiale s'effectuant dans des temps très inégaux qui sont compris, suivant les sujets, entre quelques heures et plusieurs jours.

Ces différences observées dans le comportement individuel des Carpes d'expérience semblent être en rapport, d'une part avec les valeurs de la flèche d'hyperglycémie, d'autre part avec les variations de la température de l'eau.

PHYSIOLOGIE. — *Un nouveau procédé d'enregistrement des phénomènes physiologiques captés à l'aide d'appareils électro-mécaniques.* Note (*) de M. **Robert Lemaire**, présentée par M. Léon Binet.

Au cours de ces dernières années, certains auteurs ont enregistré sur un même film plusieurs phénomènes physiologiques après avoir transformé

(*) Séance du 9 octobre 1950.

l'énergie mécanique développée en énergie électrique. Ces recherches furent réalisées à l'aide de « capteurs » et « d'amplificateurs » conçus selon des principes très différents, mais quel que soit le type des appareillages employés,

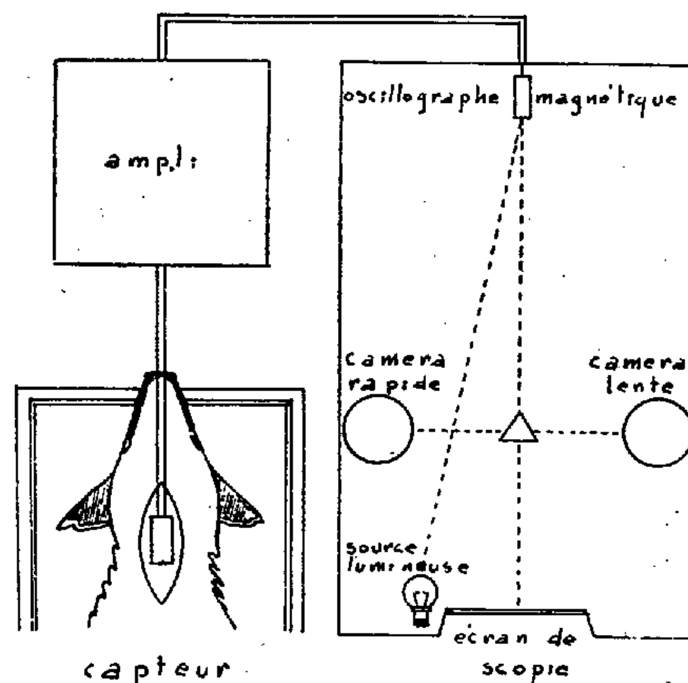


Fig. 1. — Schéma d'un dispositif d'enregistrement bi-cinétique.

l'interprétation des documents graphiques fut souvent rendue délicate par l'obligation d'enregistrer à une même vitesse des phénomènes physiologiques de fréquence propre différente.

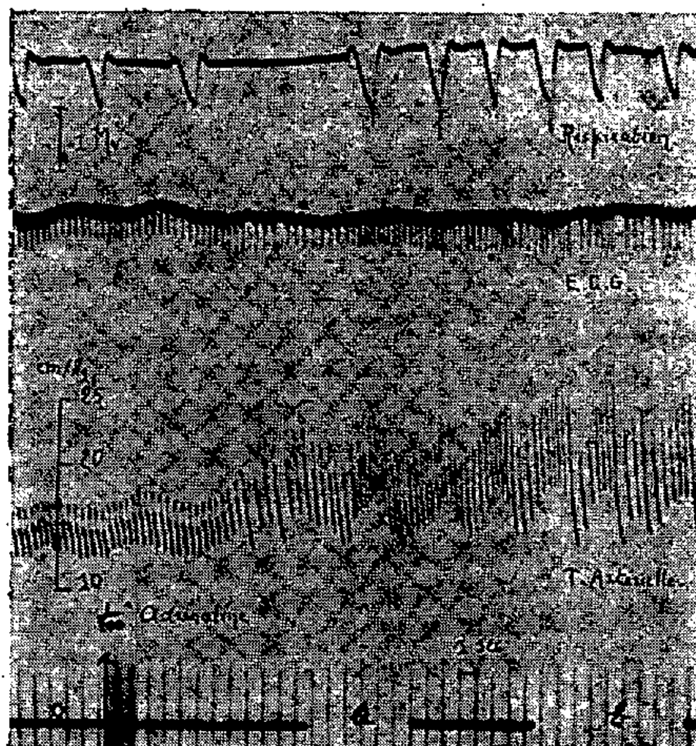


Fig. 2. — Enregistrement à une vitesse lente ($2^{mm},5$/sec) de trois phénomènes physiologiques chez le Chien chloralosé (♂ 12^{kg}). *De haut en bas* : Mouvements thoraciques. Électrocardiogramme ou CF4. Pression carotidienne. Temps en secondes. Synchronisation. Au top de signalisation = injection dans la veine saphène de 1/200e de milligramme d'adrénaline par kg. En *a* et *b* deux tops de synchronisation.

Le procédé que nous avons mis au point tend à supprimer cet inconvénient. Le principe consiste à enregistrer au même moment les mêmes phènomènes à l'aide de deux caméras animées de vitesse différente. Les réactions physiolo-

giques étudiées sont, les unes dérivées par des électrodes, les autres transformées en un phénomène électrique si elles étaient de nature mécanique ou chimique. L'énergie électrique obtenue est amplifiée, puis appréciée à l'aide de galvanomètres. Un dispositif optique simple divise les faisceaux lumineux réfléchis par les galvanomètres en trois parties. Tandis que l'une impressionne une caméra déroulant à une vitesse lente, l'autre est déviée sur une seconde

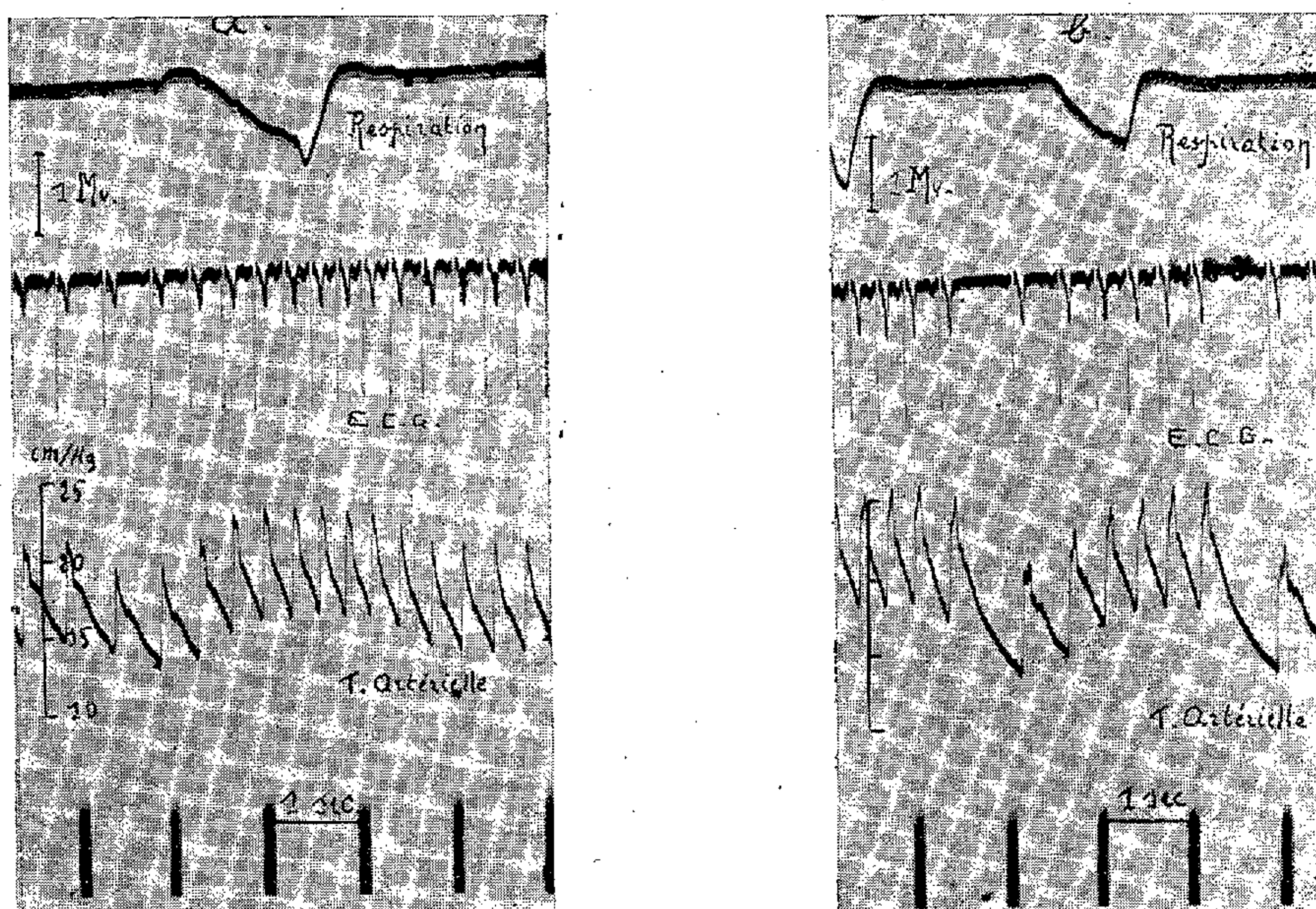


Fig. 3. — *a*. Mêmes phénomènes que figure 2 enregistrés à une vitesse rapide (12^{mm},5/sec) pendant le temps marqué par le top de synchronisation (*a*). — *b*. Mêmes phénomènes que figure 2 enregistrés à une vitesse rapide (12^{mm},5/sec) pendant le temps marqué par le top de synchronisation (*b*).

caméra déroulant à une vitesse rapide. Le troisième faisceau réfléchi est arrêté par un écran, ce qui permet d'en suivre à la scopie les déplacements (*fig.* 1). En donnant aux caméras des vitesses de déroulement choisies en fonction de la fréquence des phénomènes que l'on veut étudier, il est possible de suivre à la fois les variations lentes et les variations rapides de ces mêmes phénomènes.

Ainsi au cours d'une expérience, plusieurs phénomènes physiologiques sont enregistrés à l'aide de la caméra déroulant à vitesse lente (*fig.* 2). Le moment où est produite l'agression y est indiqué par le top de signalisation. Et tandis que les effets apparaissent à la scopie et s'inscrivent sur le film à déroulement lent, on procède à volonté aux enregistrements effectués à l'aide de la caméra animée d'une vitesse rapide (*fig.* 3, *a* et *b*). La durée et le moment de ces derniers enregistrements sont notés sur le graphique A de référence grâce aux tops de synchronisation.

Cette technique réalise l'enregistrement multicinétique de plusieurs manifestations physiologiques, quelles qu'en soient leur nature (mécanique, bioélectrique, chimique) et leur fréquence (1).

BIOLOGIE. — *Sur la différenciation de deux catégories constantes d'Érythrocytes anucléés, chez l'Homme adulte, par la recherche des peroxydases dans le sang frais.* Note (*) de MM. **Pierre Brocq** et **Théodore Stéphanopoli**, présentée par M. Robert Courrier.

La diversité d'états de l'hémoglobine dans le sang circulant se vérifie par l'étude des peroxydases érythrocytaires. La distribution de celle-ci n'est point toujours identifiable à la zone effective de maturation hémoglobinique; elle s'en distingue à divers degrés dans les formes jeunes principalement. Les Érythrocytes se divisent en deux grandes classes nettement différenciées.

La recherche des peroxydases dans les Érythrocytes du sang humain nous permet de déceler plusieurs variétés de globules rouges qui se distinguent par leur inégale activité vis-à-vis d'une solution aqueuse de benzidine en présence d'eau oxygénée (1). On tend généralement à admettre que le pouvoir peroxydasique de ces globules anucléés est exercé par l'hémoglobine seule, et notre constatation d'une profonde diversité de leur action enzymatique semblait s'expliquer à première vue par une distribution inégale du pigment respiratoire. Le problème nous parut plus complexe lorsqu'à la faveur d'une adaptation convenable de la technique, il nous fut donné d'observer que la teneur en peroxydase n'était pas proportionnelle à la concentration de l'hémoglobine, mais inverse, au contraire, toujours particulièrement élevée dans les globules immatures ou plus ou moins hémolysés.

A côté de quelques aspects intermédiaires, deux états de la substance enzymatique se présentent couramment, qui répondent à deux phases opposées de l'évolution érythrocytaire, et que la réaction peroxydasique traduit par des colorations très distinctes. Le phénomène s'inscrit explicitement dans un partage de la masse des Érythrocytes du sang circulant en deux vastes catégories qu'il convient de préciser.

Nous recevons une goutte de sang prélevée au doigt dans 1^{cm^3} de liquide isotonique, de préférence le sérum de Quinton. Le réactif est composé d'une solution de benzidine additionnée de citrate de soude acide. Régulièrement, nous observons des hématies fortement colorées en bleu violacé, larges, biconvexes ou lenticulaires, d'une part; et des hématies d'aspect réfringent,

(1) M. B. Cieutat nous a aidé dans la construction et la mise au point des appareils que nous avons utilisés.

(*) Séance du 24 juillet 1950.

(1) P. Brocq et Th. Stephanopoli, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1614.

incolores ou de teinte ocre, et arrondies ou hémi-sphériques, d'autre part. Ajoutons que les premières sont visiblement d'un bien plus grand volume que les secondes, très voisines d'apparence des Réticulocytes ou des Érythrocytes polychromatophiles, et paraissent, comme ceux-ci, incomplètement évolués.

La réaction peroxydasique différencie mieux encore ces deux catégories de globules rouges en conférant aux larges éléments bleus ou bleu-violacés une affinité particulière pour les colorants basiques, les globules sphériques et ocres restant très acidophiles. La basophilie des premiers paraît se manifester à la suite d'une transformation de l'hémoglobine des stades de jeunesse en méthémoglobine, produit immédiat d'oxydation, qui signe cette affinité nouvelle (²). Il s'agit dans ce cas d'une sensibilité particulière à l'action de l'oxygène, qui caractériserait le pigment des jeunes générations de globules, et qui s'accorderait pleinement, au surplus, avec les constatations de Warburg (³) sur l'oxydabilité des Érythrocytes de nouvelle formation.

Deux formes générales de l'action enzymatique des Erythrocytes se distinguent de la sorte, et il appert qu'une pareille dualité se rattache à deux phases distinctes du développement du chromoprotéide. Initialement, le support des propriétés fermentaires se montre sous les aspects d'une substance finement granuleuse, que la réaction à la benzidine colore avec le plus d'intensité et fait ensuite apparaître basophile; plus tard, ou en d'autres formes de globules, ce substrat présente une structure amorphe, qui s'homogénéise peu à peu et tend à reproduire la forme soluble du pigment de la maturité, pour acquérir, alors, sous l'influence du réactif, une teinte ocre ou jaune or.

Le dualisme fonctionnel et structural ainsi dégagé vient à l'appui des données récemment recueillies, grâce à l'emploi du fer radioactif, sur l'existence de deux métabolismes différents de l'hémoglobine du sang animal (⁴); et il souligne la valeur des acquisitions antérieurement obtenues par diverses autres techniques, dédoublement des hémolysats au moyen de bases (⁵), comparaison des courbes de solubilité en fonction des concentrations croissantes en sels neutres (⁶), détermination du pouvoir moussant (⁷), qui concourent à démontrer l'hétérogénéité de l'hémoglobine humaine.

(²) HUBNER, *Klin. Wochenschrift*, 1941, p. 137.

(³) *Métabolisme cellulaire*, t. I, 1928, p. 47.

(⁴) G. SCHAPIRA, J. CL. DREYFUS et J. KRUH, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1614.

(⁵) F. HAUROWITZ, *Ztschr. f. Physiol.*, **186**, 1930, p. 141; **232**, 1935, p. 141.

(⁶) E. F. MAC CARTHY, *Journ. of physiol.*, **81**, 1933, p. 206; **86**, 1936, p. 77; **102**, 1943, p. 55.

(⁶) J. ROCHE, J. DERRIEN et M. MOUTTE, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **23**, 1941, p. 1114; J. DERRIEN et J. ROCHE, *C. R. Soc. Biol.*, **112**, 1948, p. 1001.

(⁷) A. DOGNON et L. GOUGEROT, *Bull. Soc. Chem. biol.*, **29**, 1947, p. 701; *C. R. Soc. biol.*, **42**, nᵒˢ 23-24, 1948, p. 1490.

Nos recherches sur les peroxydases érythrocytaires établissent le fait d'une évolution de la matière du pigment respiratoire dans le corps des globules rouges. Les propriétés évolutives du chromoprotéide sont attestées par une succession de transformations de sa puissance enzymatique et elles expliquent l'opposition continuelle de deux types de développement ou de deux grandes classes d'Érythrocytes dans le sang circulant.

BIOLOGIE. — *Attraction entre reine et ouvrières d'Abeilles* (Apis mellifica). Note (*) de M. **Jacques Lecomte**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Il est possible d'étudier l'attraction exercée par la reine sur les ouvrières, au moyen d'un dispositif déjà employé pour étudier l'attraction entre les ouvrières ([1]). Les Abeilles, endormies à l'anhydride carbonique, ont le choix, à leur réveil, pour la formation de la grappe, entre deux cagettes grillagées : l'une contenant une reine, l'autre vide.

A l'aide de cette technique, a été éprouvé le pouvoir attractif de la reine fécondée et de la reine vierge à l'égard des ouvrières de la même ruche, des ouvrières d'une ruche différente et des ouvrières d'une ruche orpheline. Dans tous ces cas, le résultat a été positif, la cagette contenant la reine est toujours choisie sans qu'une différence de comportement ait pu être observée.

Enfin, aucune perturbation n'est apportée si la cage contenant la reine est à doubles parois de grillage fin, les parois étant distantes l'une de l'autre de deux centimètres.

Après la mort, le cadavre de la reine reste attractif pendant au moins trois jours. L'abdomen seul de la reine est également attractif; par contre, ni le thorax, ni la tête ne le sont.

Enfin, une cage ayant contenu pendant au moins trois heures une reine attire sûrement les ouvrières.

Ces quelques expériences permettent de conclure à l'existence d'un chimiotactisme responsable de l'attraction manifestée par les ouvrières à l'égard de la reine.

Quant à une éventuelle attraction de la reine par les ouvrières, des expériences très simples permettent de démontrer son existence. En effet, la reine errant dans une caisse de bois contenant deux cages grillagées, l'une habitée par des ouvrières, l'autre vide, s'arrête toujours de préférence sur la cage habitée si celle-ci est à simple paroi, mais si elle est à double parois, aucune préférence n'est plus observée. De même, la reine n'est nullement attirée par des ouvrières mortes ou par la combinaison d'Abeilles mortes et d'Abeilles enfermées qui

---

(*) Séance du 7 août 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 857-858.

permet la reconstitution du double stimulus olfactif et vibratoire, responsable de l'attraction pour les ouvrières. Cette combinaison a été réalisée de la manière suivante : la cage grillagée, proposée aux ouvrières pour former leur grappe, contenait d'une part des ouvrières mortes à l'air libre, d'autre part des ouvrières vivantes enfermées dans une boîte métallique ([2]).

Le comportement de la reine à l'égard des ouvrières serait non une attraction à distance, mais une sorte de *piègeage* dû, sans doute au fait que les ouvrières nourrissent, à travers la paroi grillagée simple, la reine qui reste alors auprès de ses nourrices.

Il est aussi possible de mettre en compétition le pouvoir attractif, pour des ouvrières, de deux cagettes A et B, l'une contenant d'autres ouvrières, et l'autre une reine. En faisant varier le nombre des ouvrières, les résultats suivants ont été obtenus :

Cagette A........	100 ouvrières	90% des ouvrières vont en A
Cagette B........	1 reine	10% vont en B
Cagette A........	75 ouvrières	Résultats semblables
Cagette B........	1 reine	
Cagette A........	50 ouvrières	50% vont en A, 50% en B
Cagette B........	1 reine	
Cagette A........	25 ouvrières	100% des ouvrières vont en B
Cagette B........	1 reine	

Dans ces expériences, les ouvrières et les reines provenaient de la même ruche.

Le nombre cinquante a déjà été trouvé lors d'une étude sur la formation de la grappe par les ouvrières; ce nombre semble marquer la limite au-dessous de laquelle les effets de l'interaction ne se font plus sentir.

D'autre part, si les ouvrières ont le choix pour former leur grappe, entre deux cagettes l'une contenant leur propre reine, l'autre une reine étrangère, il est possible d'observer la formation de deux grappes d'égale importance, entourant chacune les deux reines.

Enfin, si les ouvrières ont à choisir entre deux reines étrangères fécondées, il se forme également deux grappes, mais si l'une des deux est vierge, elle est délaissée au profit de la fécondée. Ainsi, en accord avec la tradition apicole, il existe bien une attraction des ouvrières par la reine, attraction à point de départ probablement chimique, localisé dans l'abdomen et persistant après la mort; une reine fécondée serait plus attractive qu'une reine vierge.

([2]) Sur le déterminisme de la formation de la grappe chez les Abeilles. En cours de publication dans : *Zeitschrift für vergleichende Physiologie*.

En sens inverse, il n'y aurait pas d'attraction, les ouvrières n'attirent pas la reine, même quand il s'agit d'individus appartenant à une ruche orpheline. Fait contraire à une autre tradition apicole voulant que les Abeilles soient capables d'attirer la reine.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h10m.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 3 juillet 1950.)

Note présentée le 19 juin 1950, de M. *Michel Loève*, Lois pondérées et le problème limite central :

Page 27, 2e ligne, *au lieu de* Sans, *lire* Sous.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 23 OCTOBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HISTOIRE DES SCIENCES. — *L'amiral J. Dumont d'Urville et ses découvertes scientifiques spécialement en Océanie et dans les terres australes.* Note de M. **AUGUSTE CHEVALIER.**

Dumont d'Urville (1790-1842) est une des plus pures gloires de notre pays et un des marins et savants français ayant réalisé les plus remarquables découvertes scientifiques en Océanie se rapportant à l'océanographie, à la géographie des îles, à l'ethnographie, à la sociologie et aux langues et coutumes des peuplades océaniennes, puis à la biologie et aux sciences naturelles, spécialement à la botanique et à la zoologie. Il n'a pas eu de son vivant la notoriété qu'il méritait, il fut assailli par la malchance. Après avoir été encouragé à se présenter en 1830 à l'Académie des Sciences à la succession de E. de Rossel, ancien compagnon de d'Entrecastreaux, soutenu par lui de son vivant, complimenté aussi par les naturalistes du Muséum : G. Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire, Latreille, etc., qui lurent à l'Académie dans les séances précédant l'élection des rapports extrêmement élogieux sur son œuvre, il se trouva que de Rossel étant mort quelques mois après et ayant recommandé, paraît-il, à ses confrères Dumont d'Urville, celui-ci ne fut pas élu. Il en conçut une très grande amertume. Plus tard encore, l'astronome François Arago, alors Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, combattit âprement le projet du troisième voyage de d'Urville. Il se réalisa quand même. Le grand voyageur rentra triomphalement en France en 1840. Ayant découvert la *Terre Adélie*, il fut le premier navigateur à reconnaître le continent antarctique. C'est grâce à lui que la France peut avoir aujourd'hui une position sur ce continent. L'illustre marin devait succomber lui et sa famille dans la catastrophe de Meudon le 8 mai 1842. Les malheurs allaient suivre encore la mémoire de Dumont d'Urville dans sa tombe. A sa mort il avait déjà rédigé lui-même les deux premiers volumes (sur les 8) du compte rendu du dernier voyage de l'*Astrolabe*. Les 6 autres rédigés par ses collaborateurs sont incomplets. La

plus grande partie de ses collections entomologiques données au Muséum ou à Boisduval ont disparu, détruites sans doute par des insectes. Une grande partie de ses collections personnelles furent données à la ville de Caen en souvenir de ses attaches à la Normandie. Hélas, elles allaient être détruites par les bombardements de 1944 ainsi que des épaves qu'il avait rapportées du naufrage de La Pérouse, à l'île de Vanicoro. Il en reste encore heureusement au Musée de la Marine. Son Herbier se trouve à l'Institut Botanique de Caen mais il est en mauvais état.

Jusqu'à présent il ne s'est trouvé personne pour faire l'étude détaillée des collections botaniques qu'il avait réunies lui-même. On n'a guère de renseignements que sur ses récoltes botaniques faites lors du voyage de *La Coquille* de 1822 à 1825. On n'a publié que l'inventaire qui concerne la flore de Polynésie dans l'Ouvrage de Drake del Castillo publié en 1892. On rapporte que les héritiers de l'amiral vendirent à l'encan une partie de ses collections, notamment les insectes, les coquilles de mollusques et les oiseaux.

Je veux insister sur ce que Dumont d'Urville fit comme botaniste. Il eut comme premiers guides en sciences naturelles quand il était à Caen, où sa mère habitait : Jean-V. Lamouroux, Roberge, Lair, Directeur du Jardin des Plantes; plus tard il se lia avec le Professeur Chauvin et le botaniste-collectionneur René Lenormand, de Vire. A 18 ans, il passa les examens, à la suite desquels il reçut le brevet d'aspirant, il alla à Brest puis passa au Havre où il apprit l'hydrographie et les mathématiques. Il était déjà très versé dans les langues anciennes et vivantes. Puis il fut affecté à Toulon et embarqué comme enseigne de vaisseau sur le *Suffren* en 1812. Il fut encouragé par l'amiral Hamelin à étendre encore ses connaissances en botanique, en entomologie et en linguistique. Débarqué à terre de 1816 à 1819 il se passionna pour l'étude de la flore provençale et devint un botaniste très expérimenté. Il fit en 1819-1820 un premier voyage sur *La Chevrette*, en Méditerranée orientale, qui lui permit de faire une flore de l'Archipel et des côtes du Pont-Euxin et de découvrir la Vénus de Milo.

Le premier voyage qu'il fit dans l'Hémisphère austral sur *La Coquille* de 1821 à 1825, avec Duperrey son camarade, allait être extrêmement fructueux. R. M. P. Lesson et lui étaient les spécialistes des recherches botaniques. Au retour de l'expédition c'est d'Urville qui fut chargé de la publication de tous les travaux et il s'en acquitta en maître. Le 23 mai 1825 il lut à l'Académie des Sciences une *Notice sur les collections et observations* faites pendant le voyage. Elle est insérée dans les *Annales des Sciences naturelles* (t. V, 1825).

Pour la Botanique, il confia à Bory de Saint-Vincent et à Ad. Brongniart l'étude des plantes rapportées. Pourtant lui-même publia en 1825 un Mémoire des plus intéressants : *Flore des Malouines* (Falkland). Elle complète une étude précédente de Gaudichaud. D'Urville a exploré spécialement l'île de Soleidad et a fait des remarques qui, aujourd'hui encore, ont un réel intérêt. Au cours

de sa carrière il a publié cinq ou six Mémoires de botanique très intéressants sur la biogéographie des îles.

Durant les deux voyages suivants sur l'*Astrolabe* et la *Zélée*, Dumont d'Urville n'allait plus s'occuper qu'accessoirement de la Botanique. C'est lui qui commanda les deux expéditions et publia intégralement les travaux scientifiques de la première (1827-1829). Les découvertes géographiques de ce voyage et notamment le débarquement à l'île de Vanikoro où moururent La Pérouse et ses compagnons, sont bien connus. Il eut comme aide pour la Botanique A. Lesson (le jeune) et pour la Zoologie Quoy et Gaimard. Des récoltes botaniques et zoologiques importantes furent faites au cours de ce voyage, en Nouvelle-Zélande et dans diverses îles de Polynésie, dans les Hawaï, en Nouvelle-Guinée, etc. Sur les 70 îles ou îlots nouveaux figurés sur les cartes, il n'avait pas été possible de débarquer toujours et de recueillir des plantes ou des animaux, mais on s'était attaché beaucoup à l'étude des hommes. Pour la Zoologie les deux naturalistes Quoy et Gaimard donnaient des descriptions accompagnées d'atlas de planches admirables, 2 volumes d'Entomologie rédigés par Boisduval, enfin 2 volumes de Botanique rédigés par A. Richard et Adolphe Lesson et accompagnés de planches. D'Urville rédigea lui-même 10 demi-tomes de relation historique et 2 volumes de vocabulaires de langues océaniennes, puis un grand atlas hydrographique. Cela constitue une masse étonnante de documents intéressants à consulter encore de nos jours. « Dans ces Ouvrages, écrit R. M. P. Lesson, que de lumières sur la flore, la faune, sur les mœurs et les habitudes des peuplades, quelle masse de faits sur la philosophie naturelle ! ». C'est dans ces Ouvrages que d'Urville donna une subdivision des îles de l'Océanie, en Malaisie, Mélanaisie ou Papouasie, Polynésie et Micronésie restée classique. Le troisième voyage de 1837 à 1840 allait être tout aussi fructueux pour la science. Avec ses marins et le naturaliste Hombron pour les plantes et les animaux, il accomplit une œuvre qui force l'admiration. Cette fois on explora de nombreuses îles nouvelles, on revit une grande partie de l'Océanie, on visita encore, pour y faire de nouvelles recherches, la Malaisie, les Moluques, la Nouvelle-Zélande et l'Australie.

Au mois de février 1838, Dumont d'Urville avait tenté de forcer la route du pôle sud. Il ne put à cause des glaces dépasser le 64°. On découvrit et l'on releva la terre Louis-Philippe et l'île Joinville. On se replia vers l'Équateur. Une épidémie funeste contractée dans les pays équatoriaux avait moissonné trois officiers et quatorze matelots. En Tasmanie on érigea une dalle en souvenir de ces compagnons. Le 1er janvier 1840, laissant de nouveaux malades à Hobart-Town, on appareilla encore vers le Sud, peu après on franchit le cercle polaire et le 21 janvier, par le plus beau temps du monde, officiers, savants et quelques matelots débarquent sur un terrain rocheux, environné de falaises de glace et l'on hissa le pavillon français sur la *Terre Adélie* (ainsi nommée en hommage à Mme d'Urville, née Adèle Pépin); c'était avec les roches qu'on en rapporta, la

première certitude du continent antarctique (J.-P. Faivre). L'*Astrolabe* et le *Zélée* partirent ensuite vers les îles Auckland et la Nouvelle-Zélande faire encore des recherches. C'est grâce à la découverte de ce continent antarctique que la France peut aujourd'hui, à bon droit, faire l'occupation de la Terre Adélie; d'Urville avait aussi une prédilection pour l'Archipel de la Nouvelle-Zélande et il avait souhaité que la France y prît au moins une baie alors que ce territoire était encore en grande partie vacant.

Notre grand navigateur et ses compagnons furent fêtés à leur retour. On a dit avec raison que c'est la plus glorieuse expédition qui ait jamais été entreprise, une des plus fructueuses au point de vue scientifique et une des plus pénibles aussi. Au retour, Arago dut reconnaître qu'il s'était trompé! Malheureusement la mort tragique de d'Urville survint peu après son retour, alors qu'une faible partie de ses travaux n'était pas encore publiée; les documents sur la faune et la flore ne furent que partiellement dépouillés; les notes de philologie et d'anthropologie sont restées dans les archives et n'ont sans doute plus guère de valeur aujourd'hui. Son œuvre est si vaste, que des savants, de temps en temps, doivent encore se reporter à ses travaux.

Au moment où il est d'actualité de s'intéresser aux îles de Polynésie pour la stratégie, puis au continent antarctique et à la *Terre Adélie*, j'ai pensé qu'il était également utile de jeter encore un coup d'œil sur l'œuvre de ce grand navigateur. Il n'a pas été possible en 1942, pendant l'occupation, de fêter son souvenir lors du centième anniversaire de sa mort tragique, mais il était bon de rappeler ici le souvenir d'un explorateur dont un biographe a dit « qu'il avait l'énergie, la ténacité de caractère, l'esprit d'entreprise de Cook, et qu'il possédait, comme La Pérouse, la ponctualité d'exécution ». J'ajouterai qu'il fut aussi un ardent naturaliste doué de connaissances quasi universelles que l'on doit encore admirer.

ÉVOLUTION. — *Le double mouvement progressif et rétrograde de l'évolution.* Note (*) de M. **Paul Wintrebert**.

L'évolution par mutation appartient aux lois physiques. Elle est *progressive*, ou *rétrograde*, suivant qu'elle procède du vivant par une variation physiologique préalable, ou, directement, des agents externes. Les deux évolutions coexistent dans la nature. La mutation d'origine biologique est un apport, de caractère général, qui change l'espèce; la mutation provoquée, une transformation génétique localisée, désaccordée au protoplasme et, partant, inactive.

L'évolution procède par mutation chimique. Cependant la réalité de ce mode d'exécution laisse sans solution le problème des causes et, sur ce point, les conceptions générales de Lamarck et de Darwin continuent de dominer le

(*) Séance du 25 septembre 1950.

débat. Elles sont divergentes; mais, comme elles traitent chacune une phase différente de l'évolution, elles se complètent plus qu'elles ne s'opposent. Cependant, l'ignorance des processus biologiques fondamentaux pèse sur leurs doctrines. Aujourd'hui que les progrès de l'immunologie et de l'endocrinologie nous éclairent, nous constatons que chacune d'elles contient une part de vérité, qui doit être mise en valeur et précisée.

1. Évolution progressive. — *Le lamarckisme chimique* ([1]) fait état des deux conceptions. Il prend, pour origine et base de la mutation, la variation physiologique adaptative de type lamarckien; mais, à l'opposé de Lamarck, pour qui elle est directement acquise et transmissible, il la retient dans le cadre de l'espèce; d'autre part, avec Darwin, il invoque le hasard; mais au lieu d'en faire le *deus ex machina* de la variation, il réduit son intervention à la combinaison qui joint l'hormone adaptative nouvelle à la nucléo-protéine du patrimoine. L'évolution peut donc être définie : l'*invention du vivant remaniée et fixée par la loi physique fondamentale.*

Le vivant n'a *pas d'intention, pas d'initiative;* mais il se défend et riposte opportunément au milieu, en s'immunisant contre lui. La mutation le surprend et l'inconnu chimique qu'elle recèle rend aléatoire la préadaptation qu'il a établie. Néanmoins, comme l'hormone nouvellement créée est un élément de la combinaison, on est en droit d'estimer que sa qualité adaptative subsiste en partie; en effet, elle se transmet parfois tout entière à la descendance (callosités). L'évolution fondée sur le vivant est donc *progressive,* dans le sens d'une emprise, d'importance variable, sur le milieu actuel.

Mais l'évolution, fondée sur le vivant, peut encore progresser d'une manière différente, par la combinaison chimique de la mutation. Celle-ci, qui se produit au hasard, peut, à l'opposé de la riposte biologique qui est adaptative, *créer l'inattendu.* Cependant, comme l'inconnu chimique joue sur les données mêmes du vivant, qu'au lieu de s'imposer directement et brutalement du dehors, il dérive du comportement de ses tissus, le hasard est relatif et ses effets restent, malgré leur nouveauté, dans le cadre des réalisations structurales et fonctionnelles, que l'organisme peut exploiter (plume de l'oiseau).

2. Évolution rétrograde. — Le point de vue de la génétique évolutive est tout autre. Il peut être ainsi résumé : le vivant ne prend aucune part à la naissance de la mutation; les facteurs ambiants provoquent directement la formation du gène; le gène, à son tour, commande le vivant, qui est lui-même contrôlé par la sélection.

Facteurs expérimentaux. — La violence des agents physiques employés transforme l'édifice moléculaire des gènes présents. Le vivant, ainsi bousculé, exprime, tant bien que mal, dans son développement, l'altération génétique

---

([1]) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1079.

qu'il subit. Celle-ci est fortuite, indélébile, héréditaire. Elle prend le caractère d'une véritable mutilation, que la constance de sa reproduction élève au rang de variété.

Les généticiens, dans leur analyse de l'hérédité et de l'hybridation, ont ouvert toute grande la porte de l'évolution; mais, se livrant à des provocations directes excessives, ils blessent le vivant. Ils récoltent ainsi des insuffisances, des anomalies, des pertes d'organes, qu'ils tiennent pour évolutives en raison de leur hérédité. Ils prennent, en somme, un bouleversement quelconque des gènes précédemment acquis, opéré du dehors, pour un apport nouveau et attribuent à des facteurs neufs et positifs des changements qui sont dus à la dégradation des gènes anciens. *Ils confondent ainsi transformation et innovation.* Ce faisant, ils n'explorent que le revers de l'évolution.

Phénotypes réalisés. — La régression des organes apparaît évidente dans les tableaux de classement des mutations provoquées ([2]); elle s'y montre d'autant plus forte que l'agression physique s'accentue. On y rencontre des déformations, des suppressions, mais pas d'acquisition. La conclusion, tirée de l'examen des formes réalisées, s'impose : *l'évolution provoquée est rétrograde et c'est dans son domaine que la sélection, changeant de sens, devient conservatrice du type.*

Physiologie du gène transformé. — Au delà des effets obtenus, si nous analysons les causes, nous constatons que le principe de réceptivité du protoplasme, qui régit la réalisation des inductions, n'est pas respecté. Les gènes sont touchés directement, c'est-à-dire isolément, unilatéralement. Le protoplasme ignore leur changement et ne les reçoit plus que dans la mesure où leur structure primitive est conservée. Quand le changement est faible, l'induction est encore transmise en partie; quand il est complet, le gène est inactif. Il semble que l'abandon de cette règle de réceptivité soit la conséquence d'un système idéologique, érigé en axiome, qui tient le gène pour l'ébauche de la vie et le maître du vivant ([3]).

A la néoténie d'origine protoplasmique ([4]), fonctionnelle, individuelle, dépendante du milieu, coexistante avec des gènes normaux momentanément empêchés d'agir, s'ajoute donc une *néoténie d'origine génétique*, héréditaire, tératologique, définitive, où les gènes, transformés au milieu d'un protoplasme normal et en désaccord avec lui, sont impuissants à l'induire.

Absence de changement spécifique. — Les mutations provoquées ne s'accompagnent d'aucun changement d'espèce. Rien ne souligne mieux leur caractère de mutilation génétique que la limitation du défaut de leur induction au domaine du gène atteint, sans aucun retentissement spécifique. Il est permis

---

([2]) Consulter l'*Hérédité*, 1948 et la *Variation*, 1950, Paris.

([3]) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 326.

([4]) P. Wintrebert, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1441.

d'estimer que, seule, l'induction du protoplasme par un gène nouveau, né lui-même d'une réaction protoplasmique générale de type lamarckien, est capable de changer l'espèce.

Ontogenèse. — La transformation de gènes présents, déjà acquis, est incompatible avec l'enchaînement ontogénétique, tel que l'ont établi *Beadle G. W.* et *Tatum* chez *Neurospora* ([5]), en montrant que l'intégrité de l'induction précédente est nécessaire à la réalisation de la suivante.

L'évolution s'effectue donc plutôt par la naissance de gènes nouveaux que par la transformation de gènes anciens; qui ont bien dû naître à leur tour.

Cytologie. — Les gènes transformés sont matériellement présents, bien que physiologiquement absents et, changeant de structure, ils changent aussi de position dans les chromosomes. Leurs *réarrangements* n'ont rien de mécanique, ni de spontané; ils sont d'ordre constitutionnel. Ils tiennent, comme les *lieux* génétiques normaux, aux attractions chimiques des molécules-gènes. On sait, en effet, que les gènes multiples, qui concourent à la réalisation d'un même phénomène, sont disséminés, parmi les chromosomes, sans égard ni à leur qualité biologique, ni au moment, ni au lieu de leur action.

Phénocopie. — Autant, dans le mécanisme lamarckien, la similitude de la somation avec la mutation qui en dérive, ne peut surprendre, autant elle est inexplicable dans le cas des mutations provoquées, dont la cause accidentelle, étrangère au vivant, le caractère tératologique et la réalisation fatale n'ont rien de commun avec les processus physiologiques et immunisants de la variation somatique.

Réversibilité. — L'effacement d'une lésion génétique à l'intérieur d'une espèce, ne signifie pas l'existence d'une réversibilité évolutive; il s'agit d'une guérison, d'un retour pur et simple au *statu quo ante*. Ce serait plutôt le recul de l'évolution, par défaut d'action des gènes transformés, qui donnerait l'illusion d'une réversibilité. Mais le principe d'irréversibilité est fondé sur la marche en avant de l'évolution, c'est-à-dire sur l'enchaînement chimique des gènes nouveaux; il ne peut être atteint par l'éclipse transitoire d'une induction.

3. CONCLUSION. — L'évolution, fondée sur le vivant, est *progressive;* provoquée par l'agression physique, elle est *rétrograde*. Ces deux modes évolutifs opposés coexistent dans la nature. Il importe de les distinguer parmi les populations; car, seuls, les génotypes issus d'une variation physiologique préalable peuvent changer d'espèce. Cependant la microévolution reste l'espoir des généticiens; mais l'expérience n'indique-t-elle pas que le cumul des provocations physiques n'aboutit qu'à rendre la régression plus forte? En tout cas, la génétique expérimentale, par ses mutations tératologiques les plus graves,

---

([5]) *Proc. Nat. Acad. Sc.*, 27, 1941, p. 499-506.

nous montre que la perte d'organes accessoires, tels que les membres, apparaît soudainement et non par défaut d'usage. Elle nous enseigne, par surcroît, que le vivant, mutilé, ne peut compter que sur lui pour reprendre forme et prospérer.

BOTANIQUE. — *Caractères analytiques et synthétiques des associations de la forêt équatoriale de Côte d'Ivoire*. Note (*) de MM. **Louis Emberger**, **Georges Mangenot** et **Jacques Miège**.

Les associations reconnues par les auteurs en forêt dense de la Côte d'Ivoire ont tous les caractères structuraux des associations de la zone tempérée. Elles en diffèrent seulement par des traits secondaires en rapport avec l'écologie et la richesse floristique.

Dans une précédente communication ([1]) nous avons montré l'existence, en forêt dense équatoriale (*rain forests*), d'associations végétales typiques. Nous en étudions ici les caractères analytiques et synthétiques.

Caractères analytiques. — Recherches faites sur des individus d'associations de 150^{m^2} de surface.

Les associations décrites nous ont frappés par la nécessité de considérer séparément l'*abondance* et la *dominance*, cette dernière, sauf pour la strate la plus inférieure, ne pouvant être évaluée en raison de la superposition de diverses strates et de l'intrication des lianes avec les arbres et arbustes. L'abondance, au contraire, peut être évaluée suivant les normes habituelles, mais elle est, pour la majorité des espèces, faible, en raison de la richesse en espèces.

La *sociabilité* est toujours faible, sauf pour les rares espèces herbacées (*Geophila*, *Mapania*) et pour les jeunes individus.

La *fréquence* (établie par surfaces de 1 et 10^{m^2}) est caractérisée par un pourcentage régulièrement décroissant des espèces, la classe de fréquence la plus basse (0-20 %) étant la plus nombreuse, et, la plus haute (80-100 %), la moins nombreuse. Elle diffère du diagramme *normal* par la faiblesse de la classe de fréquence la plus élevée (80-100 %), ce qui est vraisemblablement dû au petit nombre d'espèces très abondantes.

La *stratification*, déjà maintes fois observée, est remarquable par l'étendue de sa gamme. On peut, en effet, distinguer au moins cinq strates : *i* (strate de 0-50^{cm}), *m* (50-3^{m}), M (3-10^{m}), *s* (10-25^{m}), S (> 25^{m}).

Il est remarquable de constater l'absence d'une strate muscinale, la rareté

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 640.

des Bryophytes, des Champignons supérieurs et des Lichens. Le seul Lichen un peu commun est un *Cœnogonium* sp. (H. des Abbayes det.).

Caractères synthétiques. — Le *spectre biologique* : Il peut être envisagé de trois manières. Si l'on départage simplement espèces herbacées et ligneuses, on constate que ces dernières représentent un pourcentage extrêmement élevé (75-80 %), les lianes y comptant au moins pour 1/3 et, souvent, jusqu'à la moitié du total des espèces. Si l'on établit le spectre suivant la méthode de Raunkiaer, qui considère le type biologique comme inhérent à l'espèce, on arrive aux proportions suivantes : Phanérophytes (total) 92,4 %, dont 28,5 % pour les lianes; Chaméphytes 3,8 %; Hémicryptophytes 3,8 %; autres types biologiques 0 % (association à *Diospyros-Mapania*). Enfin, si l'on considère, dans l'association, l'état *actuel* des espèces, on constate que beaucoup d'espèces arborescentes sont de petite taille et persistent dans cet état jusqu'au moment où les conditions locales (éclaircie, mort d'un gros sujet, etc.) leur permettent de se développer. Le spectre accuse, dans ce cas, un pourcentage très élevé d'espèces arborescentes à l'état de Chaméphytes; en voici un exemple établi dans une forêt sur miopliocène (91 espèces sur 150$^{m^2}$) : Phanérophytes (s. str.) 20,9 %; Lianes 40,6 %; Chaméphytes 38,4 % (tous dressés et ligneux appartenant à des espèces susceptibles de devenir des arbres, sauf un seul (*Geophila*, qui est rampant et herbacé). Ce dernier spectre met bien en évidence la dispersion des gros arbres, ce qui est un trait remarquable de ces forêts, surtout dans l'association à *Turraeanthus-Heisteria*.

La *constance* est très régulièrement décroissante.

Le *coefficient générique* de Jaccard est toujours élevé. Il est supérieur à 70 % et peut atteindre environ 85 % et même 90 % (74 % en forêt sur schistes, 85 % en moyenne en forêt sur sables).

L'*augmentation du nombre des espèces en fonction de la surface* est exprimé par des courbes bien définies à partir desquelles il est possible de calculer l'*indice de diversité*, imaginé par Fischer et dont Williams ([2]) a suggéré les applications possibles en Sociologie végétale. Cet indice est toujours élevé et diffère de manière très significative, suivant les deux associations étudiées : sa valeur est, en moyenne, de l'ordre de 35 dans le *Diospyro-Mapanietum*, de 22 dans le *Turraeantho-Heisterietum*.

Il est donc dès maintenant démontré que, dans les forêts denses équatoriales, les nombres d'espèces avec des nombres différents d'individus sont représentés, comme dans n'importe quelle autre population, par des séries logarithmiques.

Une autre caractéristique est le nombre d'espèces par mètre carré (compté sur des surfaces de 150$^{m^2}$) : de l'ordre de 0,50 à 0,60 dans l'association à *Turraeanthus-Heisteria*, de 0,80 à 0,90 dans celle à *Diospyros-Mapania*. D'après toutes les données numériques, celle-ci est donc beaucoup plus riche en espèces

---

([2]) *Journ. of Ecol.*, 34, 1947, p. 253.

que la précédente, sans doute en raison de conditions écologiques (surtout édaphiques) plus favorables.

Enfin, nous avons recherché la valeur de *l'aire minimale*. Si l'on entend celle-ci comme la plus petite aire pouvant fournir une représentation adéquate de l'association, sa valeur est très faible et n'atteint certainement pas 100^{m^2}. Évaluée par la méthode de Cain ([3]), elle serait de l'ordre de 150^{m^2} pour l'association à *Turraeanthus-Heisteria*. Enfin, si l'on préfère la définir comme la surface minimale contenant pratiquement *toutes* les espèces (caractéristiques diverses et indifférentes) de l'association (établissement en palier de la courbe d'augmentation du nombre des espèces en fonction de la surface), sa valeur est alors très élevée, de l'ordre de 500^{m^2}, au moins, dans la forêt la moins riche (*Turraeantho-Heisterietum*).

Les associations végétales de la forêt dense équatoriale ont donc, malgré certaines particularités liées au milieu et à la composition floristique, les mêmes caractères essentiels, structuraux et statistiques que les associations de la zone tempérée.

ZOOLOGIE. — *La nouvelle forme de Cténophores planarisés sessiles provenant de la Mer de Chine Méridionale* (Savangia atentaculata *nov. gen. nov. spec.*). Note de M. **Constantin Dawydoff**.

La nouvelle Platyctenide qui fait l'objet de cette étude a été trouvée dans la partie centrale de la Mer de Chine. J'en ai eu à ma disposition deux exemplaires, récoltés, l'un près de l'atoll de Tizard, l'autre dans les eaux des Paracels, par des fonds de $300\text{-}350^{m}$. Il s'agit d'un animal sessile, de taille moyenne (le plus grand échantillon mesurait 25^{mm} de longueur), coloré en brun chocolat. Il se distingue de tous les autres *Platyctenidæ* par son aspect extérieur. Au premier coup d'œil, il ressemble plutôt à un Mollusque Nudibranche qu'à un Cténophore planarisé. En effet, son corps, très bombé, a la forme d'un demi-ellipsoïde et ne montre extérieurement aucune trace des structures qui caractérisent les *Platyctenidæ*. De plus, les seules annexes du type appendiculaire que l'animal porte sur sa face supérieure rappellent plutôt par leur forme et leur arrangement les branchies des Nudibranches que les papilles dorsales des Cténophores planarisés qu'elles représentent en réalité, comme un examen attentif le montre.

En dépit de cet aspect inusité, nous avons devant nous une véritable Platyctenide. Son corps montre deux régions foncièrement différentes correspondant aux régions aborale et orale du corps des *Platyctenidæ*. La partie aborale, bombée (très allongée selon l'axe tentaculaire) est relativement très

([3]) *The Amer. Midl. Nat.*, 19, 1938, p. 573.

haute (10^{mm} de hauteur pour l'individu mesurant 25^{mm} de long). Au contraire, la partie orale est complètement aplatie et se trouve transformée en une *sole planiaire*. Celle-ci ne représente autre chose que la portion inférieure du pharynx déployée sur le substratum (caractère morphologique le plus saisissant des *Platyctenidæ*). Détachée de son support, elle se présente comme une plaque discoïde excavée en ventouse et qui est percée en son milieu de l'orifice buccal. A la limite des faces orale et aborale le corps s'étale en une bordure marginale, étroite et amincie, toujours animée d'un mouvement ondulant. A chacune des extrémités de l'axe tentaculaire, cette bordure périphérique se soulève en une voussure permanente qui fait communiquer la face orale avec le milieu extérieur, servant d'ouverture pour l'entrée des particules nourricières amenées par l'appareil tentaculaire.

La face bombée de l'animal ne présente aucune formation comparable ni aux *cheminées* des autres Platyctenides sessiles (*Tjalfiella*, *Lyrocteis*), ni aux portions tubulaires des gaines tentaculaires qui font saillie sur le corps de certains *Ctenoplanidæ*. On ne peut non plus déceler aucune trace, ni de palettes vibratiles, ni de pores excréteurs, ni d'organe sensitif aboral. Bref, le corps montre une homogénéité parfaite. Cette monotonie n'est troublée que par la présence, au milieu de sa face supérieure de six hautes protubérances papilliformes, qui correspondent aux *papilles aborales* des *Cœloplana* et *Ctenoplana*. Ces formations qui contiennent les diverticules émanés des vaisseaux méridiens, sont disposées en couronne et forment deux groupes symétriques de trois. Contrairement à ceux des *Cœloplanidæ*, ces organes sont ici des formations non érectiles et leur surface n'est pas lisse, mais richement dotée de petits tubercules qui leur donnent une ressemblance très poussée avec les branchies des Nudibranches.

L'*appareil gastrovasculaire* présente un caractère nettement platyctenoïde. Sa partie axiale est composée : du vestibule pharyngien, du pharynx, de l'œsophage et de l'estomac (entonnoir). Le *vestibule pharyngien* est appliqué sur le substratum, de sorte que sa paroi constitue la face orale de l'animal. En son centre se trouve la bouche qui conduit au *pharynx*. Celui-ci occupe un volume considérable, mais sa cavité est réduite à l'extrême en raison du plissement exagéré de ses parois (très riches en formations glandulaires). Par l'*œsophage* (très court), le pharynx communique avec l'*estomac*, peu spacieux, aplati en sens oro-aboral et qui ne présente aucune trace de l'ampoule aborale. Il se prolonge horizontalement en deux canaux antagonistes orientés dans le plan tentaculaire (*vaisseaux perradiaux*) qui sont le point de départ du système gastrovasculaire périphérique. Celui-ci consiste en deux paires de courts canaux verticaux qui desservent l'appareil tentaculaire, et en huit longs canaux (agencés en quatre paires symétriques) qui descendent parallèlement à la surface du corps jusqu'à sa bordure marginale. Ces canaux sont assimilables aux vaisseaux paratentaculaires et parastomacaux des autres Cténo-

phores. Les premiers sont ramifiés sur leur trajet inférieur et fournissent à la partie basale de l'animal un système de canalicules anastomosés en réseau. Les vaisseaux parastomacaux sont dépourvus de diverticules quelque peu considérables. Sur toute leur étendue ils sont intimement liés aux gonades.

C'est la structure de l'*appareil tentaculaire* qui différencie notre animal de tous les autres *Platyctenidæ*. Les deux *gaines* réglementaires, courtes, orientées verticalement, débouchent au dehors sur les extrémités de la face supérieure du corps. Les *racines tentaculaires* qu'elles contiennent montrent une particularité remarquable : le bourrelet médian qui donne habituellement naissance à la partie axiale de la tige tentaculaire, manque totalement. Il en résulte que les tentacules eux-mêmes restent rudimentaires. Seules les *tentilles* ont un développement normal et sortent au dehors en deux faisceaux. Très nombreuses, longues, dotées de colloblastes, ces tentilles filiformes fouillent constamment l'eau ambiante et leur ensemble forme autour du corps de l'animal une sorte de filet vivant toujours en mouvement. Les individus tombés sous ma main montraient tous deux un *appareil génital mâle* bâti sur le plan de celui de *Ctenoplana*. Il est composé de quatre cordons volumineux, compacts, continus, très longs, disposés symétriquement en deux paires et associés aux vaisseaux méridiens parastomacaux. Cette association est très intime, les vaisseaux en question se trouvant complètement recouverts par les massifs génitaux. A son extrémité supérieure, chaque cordon gonadien s'ouvre au dehors par *deux conduits* superposés.

Nous avons le plaisir de dédier ce remarquable organisme, à qui nous donnons le nom générique de *Savangia*, à S. A. R. Savang Vatana, prince héritier du Laos, qui a pris une part active dans nos études sur la faune terrestre de l'Union Indochinoise.

M. **Émile Borel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie d'un petit Livre que je viens de publier sous le titre : *Probabilité et Certitude*.

Mon but, en écrivant cet Ouvrage, a été de montrer qu'une probabilité suffisamment voisine de l'Unité équivaut à la certitude et doit être effectivement qualifiée de certitude, contrairement au langage généralement adopté et que j'avais moi-même accepté dans des écrits antérieurs. La démonstration repose essentiellement sur l'impossibilité absolue de réaliser un nombre d'expériences qui serait très grand par rapport aux dimensions de l'Univers, comparées à celles des atomes.

M. **René Barthélemy** présente le Ier Tome du *Cours élémentaire de Mathématiques supérieures*, de M. Jean Quinet, Ouvrage dont il a écrit la *Préface*.

M. **Léon Binet**, au nom de M. **Hyacinthe Vincent** qui en a écrit la *Préface*, présente l'Ouvrage intitulé : *Lettres beaujolaises* de **Claude Bernard**, publiées et annotées par Justin Godart.

CORRESPONDANCE.

M. **Émile Guyénot** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Émile Cotton*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Boletim da Sociedade brasileira de geografia*, ano 1, n° 1.

2° *Pubblicazioni del Politecnico di Milano*, n°s 1 à 55.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le théorème de Denjoy-Carleman-Ahlfors.* Note (*) de M. **André Revuz**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Cette Note contient la démonstration du théorème *une fonction entière d'ordre* ρ *possède au plus* 2ρ *polynomes asymptotes*, qui, énoncé par M. Denjoy en 1907, n'avait pas été établi jusqu'à ce jour.

1. Nous montrons ci-dessous qu'une remarque très simple permet de déduire des démonstrations d'Ahlfors (1) ou de Grunsky (2) le théorème relatif aux polynomes asymptotes d'une fonction entière $F(z)$, énoncé par M. Denjoy dans sa célèbre Note de 1907 (3).

2. N'interviennent pratiquement pour $F(z)$ dans les démonstrations citées que les conditions (A) suivantes :

(A) F *est bornée sur n chemins disjoints deux à deux*, L_ν, *reliant l'origine au point à l'infini, et ne l'est pas dans les régions* D_ν *limitées par* 2 *tels chemins*, $L_{\nu-1}$, L_ν. *Elle est en outre holomorphe dans chacune des régions* $\overline{D}_\nu$.

Ceci étant, les auteurs établissent pour chaque région des inégalités du type

$$\log M(r) > A_\nu(r), \tag{1}$$

où $M(r) = \max_{|z|=r} |F(z)|$ et où $A_\nu(r)$ est une fonction de r dépendant uniquement de la région D_ν (et nullement de F).

(*) Séance du 16 octobre 1950.

(1) L. Ahlfors, *Acta. Soc. Sc. Fenn.*, Nova séries A, 1, n° 9, 1930.

(2) H. Grunsky, *Math. Zeitschift*, Bd. 42, Hf. 5, 1937.

(3) A. Denjoy, *Comptes rendus*, 145, 1907, p. 106.

Puis l'étude des régions D_ν, montre, indépendamment de toute considération sur F, que pour au moins une des n régions D_ν, on a

$$(2) \qquad A_\nu(r) > Cr^{\frac{n}{2}} \qquad (r > r_0),$$

où C est une constante, si l'on fait intervenir

$$k = \overline{\lim_{z\to\infty,\, z\in L_\nu}} \frac{\arg z}{\log r} \qquad \text{ou} \qquad k' = \underline{\lim_{z\to\infty,\, z\in L_\nu}} \frac{\arg z}{\log r}$$

on obtient des inégalités du type

$$(2') \qquad A_\nu(r) > Cr^{\frac{n}{2}(1+k^2)}$$

pour une suite indéfiniment croissante de valeurs de r ou

$$(2'') \qquad A_\nu(r) > Cr^{\frac{n}{2}(1+k'^2)} \qquad \text{pour} \quad r > r_0.$$

La comparaison de (1) et de (2), ou (2'), ou (2'') donne la conclusion.

3. Supposons alors qu'il existe n polynomes P_ν tels que

$$\lim_{z\to\infty,\, z\in L_\nu} [F(z) - P_\nu(z)] = 0.$$

Nous supposons ces polynomes distincts, ou si par exemple $P_{\nu-1} \equiv P_\nu$ que $F(z) - P_\nu(z)$ n'est pas bornée en D_ν.

Dans ces conditions, si $P_\nu \equiv P_{\nu-1}$, $F_\nu = F - P_\nu$ satisfait aux conditions (A) dans D_ν.

Si $P_\nu \not\equiv P_{\nu-1}$, appelons Q_ν un polynome ayant même terme de plus haut degré que $P_{\nu-1} - P_\nu$ et ayant tous ses zéros à l'extérieur de $\overline{D}_\nu$.

La fonction $F_\nu = (F - P_\nu)/Q_\nu$ est holomorphe dans $\overline{D}_\nu$ et l'on a

$$\lim_{z\to\infty,\, z\in L_\nu} F_\nu(z) = 0, \qquad \lim_{z\to\infty,\, z\in L_{\nu-1}} F_\nu(z) = 1.$$

Il est par suite impossible que F_ν soit bornée en D_ν. Elle satisfait donc aux conditions (A).

Mais alors, si $M_\nu(r) = \max_{|z|=r,\, z\in D_\nu} F_\nu(z)$, on aura dans les deux cas $\log M_\nu(r) > A_\nu(r)$.

Les inégalités (2), (2') et (2'') demeurent valables.

(2) par exemple nous donne

$$\log M_r[(Fz) - P_\nu(z)] > Cr^{\frac{n}{2}} + \log m_r[Q_\nu]$$

en désignant par M_r et m les maximum et minimum relatifs à $|z| = r$. Q_ν et P_ν étant des polynomes, ceci entraîne

$$\log M_r[F(z)] > C'r^{\frac{n}{2}} \qquad (r > r_0).$$

On obtient avec (2') et (2'') des résultats analogues que nous rassemblons dans l'énoncé suivant :

THÉORÈME. — *Si la fonction entière* $F(z)$ *possède n polynomes asymptotes* P_ν, *le long de n chemins* L_ν, *on a*

$$\varlimsup_{r\to\infty} \frac{\log\log M(r)}{\log r} > \frac{n}{2}.$$

Si

$$\varlimsup_{z\to\infty,\, z\in L_\nu} \frac{\arg z}{\log r} = k, \qquad \varliminf_{z\to\infty,\, z\in L_\nu} \frac{\arg z}{\log r} = k'$$

on a

$$\varlimsup_{r\to\infty} \frac{\log\log M(r)}{\log r} \geqq \frac{n}{2}(1+k^2), \qquad \varliminf_{r\to\infty} \frac{\log\log M(r)}{\log r} \geqq \frac{n}{2}(1+k'^2).$$

La fonction

$$\underbrace{\int_0^z dz \int_0^z dz \ldots \int_0^z}_{p} \frac{\sin(z^\rho)}{z^\rho}\, dz$$

fournit pour ρ entier l'exemple d'une fonction d'ordre ρ ayant 2ρ polynomes asymptotes distincts, les chemins L_ν étant les demi-droites d'angle polaire $(k\pi/\rho)$.

ASTRONOMIE. — *Une nouvelle méthode pour le calcul des orbites des étoiles doubles visuelles.* Note (*) de M. **ROBERT MERCIER**, présentée par M. André Danjon.

Cette méthode, introduite par M. Sémirot, est basée sur les transformations quadratiques, qui permettent de transformer les ellipses en droites.

Soient trois formes linéaires :

$$(1)\qquad X = a_1x + b_1y + c_1z, \qquad Y = a_2x + b_2y + c_2z, \qquad Z = a_3x + b_3y + c_3z.$$

Les équations $X = Y = Z = 0$ représentent les équations homogènes de trois droites et dans le plan des xy ces trois droites définissent trois points A, B, C.

L'équation d'une ellipse est

$$(2)\qquad Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + 2Dx + 2Ey + F = 0.$$

On peut extraire les valeurs des variables x, y, z en fonction linéaire des variables X, Y, Z au moyen des équations (1) et en portant ces valeurs dans l'équation (2), l'équation de l'ellipse se transformera en l'équation suivante :

$$(3)\qquad \lambda YZ + \mu ZX + \nu XY - (\alpha X^2 + \beta Y^2 + \gamma Z^2) = 0.$$

Définissons la transformation

$$(4)\qquad \xi = \frac{Z}{X}, \qquad \eta = \frac{Z}{Y}.$$

(*) Séance du 9 octobre 1950.

En effectuant cette transformation l'équation de l'ellipse se transforme en l'équation suivante :

$$(5) \qquad \lambda\xi + \mu\eta + \nu - \left(\alpha\frac{\eta}{\xi} + \frac{\xi}{\eta} + \gamma\xi\eta\right) = 0.$$

Si la conique (2) passe par les trois points A, B, C, l'équation transformée de la conique deviendra

$$(6) \qquad \lambda YZ + \mu ZX + \nu XY = 0$$

et la transformée de la conique sera la droite

$$(7) \qquad \lambda\xi + \mu\eta + \nu = 0.$$

La connaissance de la droite (7) permet le calcul des coefficients λ, μ, ν, puis ceux de l'équation transformée de la conique et enfin le calcul des coefficients A, B, C, D, E, F, de la conique et par conséquent de ses éléments.

Application de la méthode au calcul des orbites des étoiles doubles. — Les observations permettent de calculer les coordonnées rectangulaires x, y du compagnon par rapport à l'étoile principale. On peut se donner sur l'ellipse apparente trois points A, B, C qui définissent ainsi arbitrairement les trois droites $X = Y = Z = 0$.

Pour toute observation dont le point représentatif sur l'ellipse apparente est éloigné des trois points A, B, C, on peut calculer au moyen des équations (1) les quantités X, Y, Z puis les quantités ξ, η. La restriction imposée est due à ce que la proximité du point représentatif aux points A, B, C entraînerait de très petites valeurs pour les variables X, Y, et en conséquence de grandes valeurs pour les quantités ξ, η.

A toute observation correspond un point (ξ, η) et tous ces points doivent être sur une droite que l'on tracera et cette droite étant ainsi connue graphiquement, il sera aisé de calculer les éléments de l'orbite apparente de l'étoile double.

Cette droite permet de calculer trois nouveaux points de (3) à partir desquels on recommencera les calculs. La méthode d'approximations successives s'arrête lorsque l'on obtient pour (3) la même équation aux erreurs près.

La méthode présente des avantages graphiques intéressants : elle permet de trouver une orbite en traçant des droites et elle met en évidence la répartition des observations.

Cas d'une orbite complète : η Coronæ Borealis. — On trouve :

$$\Omega = 23^\circ{,}2; \quad i = 58^\circ{,}4; \quad \omega = 220^\circ{,}8; \quad e = 0{,}276; \quad a = 0''{,}841.$$

Ces résultats sont en accord avec ceux de M. Danjon [1].

---

[1] *Bulletin Astronomique*, **11**, 1939, p. 225.

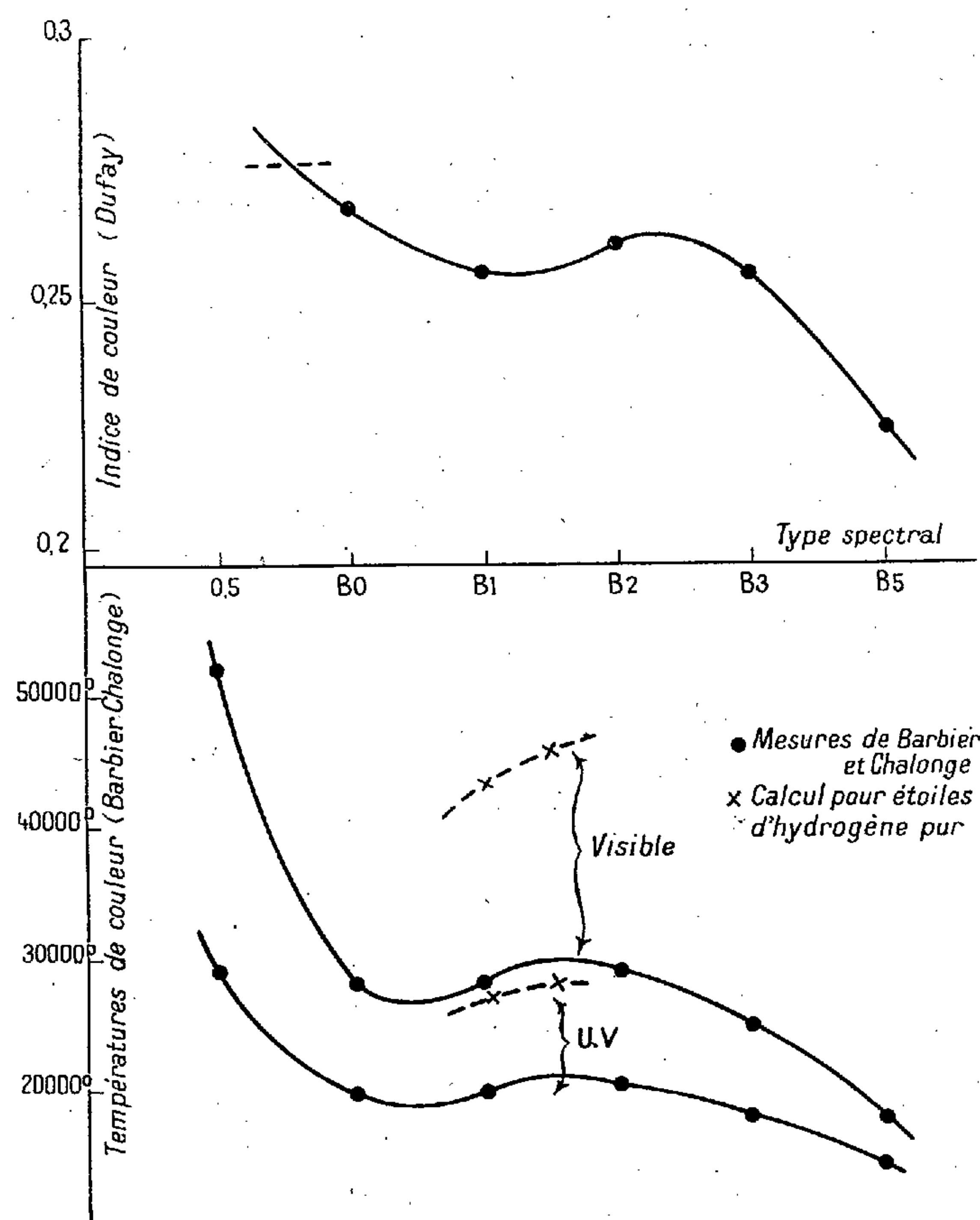
Cas d'une orbite incomplète : ADS 8901. — On trouve :

$\Omega = -39°,1$; $i = 28°,1$; $\omega = 234°,1$; $e = 0,561$; $a = 0'',376$.

L'orbite est difficile à établir et nos résultats sont sensiblement différents de ceux de M. Arend (²).

ASTROPHYSIQUE. — *Les températures de couleur des étoiles* B. Note (*) de M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

De nombreux auteurs (¹) ont observé que la température de couleur n'est pas toujours une fonction croissante de la température effective des étoiles. Pour les étoiles de type spectral compris entre B 0 et B 2, la température de



(²) *Annales Observatoire de Belgique*, 3ᵉ série, 4, fasc. IV, 1949, p. 190.

(*) Séance du 16 octobre 1950.

(¹) Dufay et Liau Ssu Pin, *Ann. Astr.*, 1, 1938, p. 223; Becker, *Z. f. Ap.*, 5, 1932, p. 101; 7, 1933, p. 281; Gerasimovič, *Harvard Bull.*, circ. 339, p. 864; Barbier et Chalonge, *Ann. Astr.*, 4, 1941, p. 30;

couleur décroît lorsque la température effective croît, c'est-à-dire lorsqu'on passe de B 2 à B 0.

Mais l'interprétation de cet effet est restée douteuse : selon Gerasimovič, il s'agirait d'un phénomène de superexcitation dans l'atmosphère de ces étoiles; selon Dufay au contraire, ce phénomène serait dû à un rougissement interstellaire qui affecterait inégalement les étoiles de types différents, en raison de leur répartition particulière dans la Galaxie.

Dans un travail ([2]) qui sera publié dans les *Annales d'Astrophysique*, l'auteur a pu montrer qu'il n'est nécessaire pour interpréter ce phénomène, de faire appel à aucun processus anormal, et que le calcul de modèles stellaires en équilibre radiatif, hydrostatique, thermodynamique, et où l'on tient compte de plus d'un coefficient d'absorption dépendant de la longueur d'onde, permet d'en rendre compte.

En effet, deux modèles ont pu être calculés pour deux étoiles de type B 1 et B 1.5, appartenant à la série principale ($\log g = 3.10^4$) et composées d'hydrogène pur; on peut en déduire les caractéristiques spectrales suivantes :

	Flux (en ergs/cm²/sec/Å).	
	B 1.	B 1.5.
λ (Å).	$T_e = 27\,300°$.	$T_e = 26\,400°$.
228	$1,18.10^6$	$1,97.10^6$
366	$6,73.10^6$	$8,08.10^6$
504	$4,53.10^7$	$5,41.10^7$
708	$2,20.10^8$	$2,51.10^8$
912^-	$4,96.10^9$	$5,39.10^9$
912^+	$1,44.10^{10}$	$9,59.10^9$
1595	$4,93.10^9$	$4,46.10^9$
2279	$1,75.10^9$	$1,72.10^9$
2962	$7,63.10^8$	$7,76.10^8$
3646^-	$4,04.10^8$	$4,13.10^8$
3646^+	$4,80.10^8$	$5,05.10^8$
6823	$5,25.10^7$	$5,28.10^7$
10000	$1,32.10^7$	$1,33.10^7$

	Températures de couleur.	
	B 1.	B 1.5.
3646 — (U.V.)	27300°	28200°
3646 +	64500	70900
3646–6000	43100	46200

On voit que les températures de couleur calculées varient dans le même sens et de la même façon que celles observées par Barbier et Chalonge.

Mais elles sont plus élevées que celles-ci, d'environ 7000° dans l'ultraviolet, et 15 000° dans le visible. Cette différence peut être due aux grandes difficultés expérimentales de telles mesures (il est nécessaire d'avoir une source étalon rapportée au corps noir et d'utiliser des *fenêtres* excellentes du spectre de l'étoile).

([2]) PECKER, *Thèse*, Paris, 1950.

Une autre cause de différence est peut-être due au calcul théorique. En effet, nos modèles ont été calculés pour des étoiles en hydrogène pur. Or Unsöld (3) signale que la présence d'hélium contribue à abaisser les températures de couleur. Par conséquent, on peut espérer que la différence entre le calcul et l'expérience sera moindre si l'on introduit de l'hélium dans l'atmosphère de l'étoile étudiée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une singularité des fonctions d'onde des atomes à deux électrons.* Note (*) de M. **Philippe Pluvinage**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'équation de Schrödinger d'un atome à deux électrons de nombre atomique Z s'écrit, avec les variables de Hylleraas et en unités atomiques de Hartree :

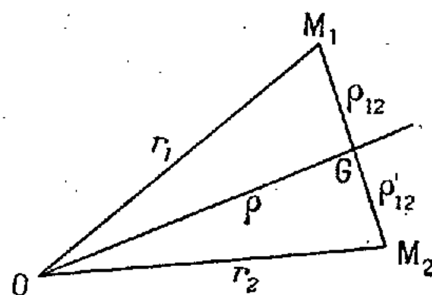
$$(1)\quad \left[\partial_{r_1^2}+\frac{2}{r_1}\partial_{r_1}+\partial_{r_2^2}+\frac{2}{r_2}\partial_{r_2}+2\,\partial_{r_{12}^2}+\frac{4}{r_{12}}\partial_{r_{12}} + \frac{r_1^2-r_2^2+r_{12}^2}{r_1 r_{12}}\partial_{r_1 r_{12}}+\frac{r_2^2-r_1^2+r_{12}^2}{r_2 r_{12}}\partial_{r_2 r_{12}}\right]\psi+2\left(E+\frac{Z}{r_1}+\frac{Z}{r_2}-\frac{1}{r_{12}}\right)\psi=0.$$

Notations. — r_1 et r_2 : distances de chaque électron au noyau; r_{12} : distance mutuelle; E : énergie d'un état stationnaire (1).

J'ai montré (2), dans le cas de l'état fondamental, que la fonction approchée

$$(2)\qquad \varphi_{11k}=\exp\left[-Z(r_1+r_2)\,u_k(r_{12})\right]$$

donne, en ajustant k par le procédé de variation, un meilleur résultat pour le calcul de E que la fonction d'écran : $\exp-(Z-5/16)(r_1+r_2)$. $u_k(r_{12})$ désigne



la fonction d'onde d'un problème de choc et permet de traduire la répulsion des électrons plus correctement que le paramètre d'écran. Le développement de (2) commence par $1-Z(r_1+r_2)+r_{12}/2$ et en substituant dans (1) on voit que l'équation de Schrödinger est vérifiée au deuxième ordre près.

(3) *Physik der Sternatmosphären*, 36, fig. 54 et tableau 35.

(*) Séance du 9 octobre 1950.

(1) Bethe, *Handbuch der Physik*, 24, I, p. 324.

(2) *Ann. de Phys.*, 5, mars-avril 1950, p. 145-152.

Si l'on cherche une fonction analytique entière en r_1, r_2, r_{12} telle que (1) soit vérifiée au 3e ordre près, on établit aisément qu'il n'existe pas de polynome homogène du 2e degré en r_1, r_2, r_{12} satisfaisant à la condition. Je vais montrer qu'il existe toutefois des fonctions homogènes f_2 de degré 2, physiquement acceptables, et répondant à la question.

J'emploierai les variables $\rho = OG$, $\rho_{12} = r_{12}/2$, $p = \cos(OG, GM)$ (voir *figure*). Je me limite à l'étude des états S symétriques et ψ n'est fonction que de $r_1 r_2 r_{12}$ ou de ρ, ρ_{12}, p. L'équation (1) prend la forme

$$(3) \qquad \Delta\psi = \frac{1}{2}\left[\partial_{\rho^2} + \frac{2}{\rho}\partial_\rho + \partial_{\rho_{12}^2} + \frac{2}{\rho_{12}}\partial_{\rho^2} + \left(\frac{1}{\rho^2} + \frac{1}{\rho_{12}^2}\right)\partial_p(1-p^2)\partial_p\right]\psi$$
$$= -2\left(E + \frac{Z}{r_1} + \frac{Z}{r_2} - \frac{1}{2\rho_{12}}\right)\psi$$

avec

$$r_1 = (\rho^2 + 2p\rho\rho_{12} + \rho_{12}^2)^{\frac{1}{2}}, \qquad r_2 = (\rho^2 - 2p\rho\rho_{12} + \rho_{12}^2)^{\frac{1}{2}}.$$

Posons

$$\psi = 1 - Z(r_1 + r_2) + \rho_{12} + f_2(\rho, \rho_{12}, p) + O_3.$$

Substituons dans (3) et annulons les termes de degré 0 obtenus après cette substitution (les termes de degré -1 sont déjà nuls).

Il vient

$$\Delta f_2 = -2E + 4Z^2 + 1 + \frac{2Z}{r_1}(Zr_2 - 2\rho_{12}) + \frac{2Z}{r_2}(Zr_1 - 2\rho_{12}) + \frac{Z}{2\rho_{12}}(r_1 + r_2).$$

Cherchons d'abord une intégrale particulière. Nous écrivons, α étant un paramètre numérique arbitraire,

$$(4) \quad f_2 = \alpha(r_1^2 + r_2^2) + Z^2 r_1 r_2 - \frac{4}{3}(2E + 12\alpha - 4Z^2 - 1)\rho_{12}^2 - 2Z(r_1 + r_2)\rho_{12} + g_2(\rho, \rho_{12}, p).$$

f_2 est solution si g_2 vérifie

$$(5) \qquad \Delta g_2 = Z\left(\frac{\rho_{12} + p\rho}{r_1} + \frac{\rho_{12} - p\rho}{r_2}\right).$$

Envisageons le domaine $\rho_{12} < \rho$ et développons le second membre en série de fonctions sphériques. P_n étant le polynome de Legendre d'ordre n, on trouve

$$Z\left(\frac{\rho_{12} + p\rho}{r_1} + \frac{\rho_{12} - p\rho}{r_2}\right) = 2Z\sum_{h=0}^{\infty}\frac{2n+2}{4n+3}[P_{2n}(p) - P_{2n+2}(p)]\left(\frac{\rho_{12}}{\rho}\right)^{2n+1}.$$

En procédant par identification, on détermine le développement de g_2

$$g_2 = -\frac{2Z}{3}\sum_{h=0}^{\infty}\left[\left(\frac{1}{n+1} - \frac{1}{2n+1} - \frac{1}{4n+3}\right)P_{2n} + \left(\frac{1}{2n+3} + \frac{1}{4n+3}\right)P_{2n+2}\right]\frac{\rho_{12}^{2n+3}}{\rho^{2n+1}}.$$

La sommation, qui permet de s'affranchir de la condition $\rho_{12} < \rho$, donne

l'expression suivante :

$$(6)\ g_2 = -\frac{Z}{6}\Big[(r_1+r_2)r_{12} - 4\rho r_{12} + (r_1^2+r_2^2-r_{12}^2)\,\mathrm{Log}\frac{r_1+r_2+r_{12}}{r_1+r_2-r_{12}} - (r_1^2-r_2^2)\,\mathrm{Log}\frac{(r_1+r_{12}-r_2)(1-p)}{(r_2+r_{12}-r_1)(1+p)}\Big].$$

On démontre aisément que le quatrième terme de g_2 est toujours fini. Le troisième, au contraire, est infini pour $r_1+r_2=r_{12}$. On ne peut pas éliminer cette singularité en ajoutant à g_2 une fonction h_2 solution de $\Delta h_2 = 0$. En effet on ferait ainsi apparaître d'autres singularités logarithmiques pour $r_1+r_{12}=r_2$ et $r_2+r_{12}=r_1$.

Il faut donc retenir la forme (6) qui est physiquement acceptable, car

a. la singularité n'empêche pas la normalisation ;

b. la fonction d'onde est infinie, très faiblement, d'ailleurs, quand les électrons se trouvent à la plus grande distance l'un de l'autre pour r_1 et r_2 donnés. En vertu de la répulsion électrostatique on devait s'attendre alors à un maximum de la fonction d'onde. Le calcul précédent montre que l'on n'obtient pas de valeur finie.

Remarquons enfin que dans (4) subsistent les deux paramètres α et E qui doivent permettre de différentier les divers états S symétriques (par hélium).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie de la diffusion des particules de spin $\hbar/2$.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul des sections efficaces de diffusion des particules de spin $\hbar/2$ couplées par un champ mésique de type scalaire, pseudoscalaire ou vectoriel.

Le schéma quantique de la diffusion des corpuscules de spin $\hbar/2$ considère dans un état initial deux corpuscules (1) et (2) représentés par des ondes planes d'énergie, impulsion et masses réduites K_1, $\mathbf{K}_1$, μ_1 $(K_1^2=\mathbf{K}_1^2+\mu_1^2)$, K_2, $\mathbf{K}_2$, μ_2 $(K_2^2=\mathbf{K}_2^2+\mu_2^2)$ d'amplitudes a_1 et a_2 et dans l'état final, deux corpuscules (1′), (2′) représentés également par des ondes planes de paramètres $K_{1'}$, $\mathbf{K}_{1'}$, $\mu_{1'}$. $(K_{1'}^2=\mathbf{K}_{1'}^2+\mu_{1'}^2)$, $K_{2'}$, $\mathbf{K}_{2'}$, $\mu_{2'}$ $(K_{2'}^2=\mathbf{K}_{2'}^2+\mu_{2'}^2)$, le passage de l'état initial à l'état final s'effectuant par l'intermédiaire d'un champ C_0 de corpuscules de masse propre μ_0, de spin 0 (champ scalaire ou pseudoscalaire) ou $\hbar$ (champ vectoriel ou pseudovectoriel).

La conservation de l'énergie, de la quantité de mouvement et de la charge dans le processus global donne les relations

$$(1)\qquad K_1+K_2=K_{1'}+K_{2'};\qquad \mathbf{K}_1+\mathbf{K}_2=\mathbf{K}_{1'}+\mathbf{K}_{2'};\qquad e_1+e_2=e_{1'}+e_{2'}.$$

Introduisant la notation

$$[K_iK_j] = -K_iK_j + (\mathbf{K}_i\mathbf{K}_j)\qquad (i, j = 1, 2, 1', 2'),$$

nous obtenons à partir de (1) les relations entre covariants

$$\mu_1^2 + \mu_2^2 - 2[K_1 K_2] = \mu_{1'}^2 + \mu_{2'}^2 - 2[K_{1'} K_{2'}];$$
$$\mu_1^2 + \mu_{1'}^2 + 2[K_1 K_{1'}] = \mu_2^2 + \mu_{2'}^2 + 2[K_2 K_{2'}];$$
$$\mu_1^2 + \mu_{2'}^2 + 2[K_1 K_{2'}] = \mu_2^2 + \mu_{1'}^2 + 2[K_2 K_{1'}].$$

Désignant par Δ_1 et Δ_2 les covariants

$$\Delta_1 = \mu_0^2 + (\mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_{1'})^2 - (K_1 - K_{1'})^2 = \mu_0^2 - \mu_1^2 - \mu_{1'}^2 - 2[K_1 K_{1'}],$$
$$\Delta_2 = \mu_0^2 + (\mathbf{K}_1 - \mathbf{K}_{2'})^2 - (K_1 - K_{2'})^2 = \mu_0^2 - \mu_1^2 - \mu_{2'}^2 - 2[K_1 K_{2'}],$$

nous avons réciproquement

$$2[K_1 K_{1'}] = -\Delta_1 + \mu_0^2 - \mu_1^2 - \mu_{1'}^2; \qquad 2[K_2 K_{2'}] = -\Delta_1 + \mu_0^2 - \mu_2^2 - \mu_{2'}^2,$$
$$2[K_1 K_{2'}] = -\Delta_2 + \mu_0^2 - \mu_1^2 - \mu_{2'}^2; \qquad 2[K_2 K_{1'}] = -\Delta_2 + \mu_0^2 - \mu_2^2 - \mu_{1'}^2,$$
$$2[K_1 K_2] = -(\Delta_1 + \Delta_2) + 2\mu_0^2 - \mu_{1'}^2 - \mu_{2'}^2; \qquad 2[K_{1'} K_{2'}] = -(\Delta_1 + \Delta_2) + 2\mu_0^2 - \mu_1^2 - \mu_2^2.$$

La section efficace de diffusion d'une des particules soit (1') dans l'angle solide $d\Omega_{\mathbf{K}_{1'}}$, autour de la direction $\mathbf{K}_{1'}$, tandis que la particule (2) recule dans la direction $\mathbf{K}_{2'}$, a pour expression

$$d\sigma = (\pi^2 \hbar^2 c^2)^{-1} |S|^2 [(\mathbf{K}_1 K_2 - \mathbf{K}_2 K_1)^2 - (\mathbf{K}_1 \wedge \mathbf{K}_2)^2]^{-\frac{1}{2}} (\mathbf{K}_{1'}(K_{2'} \mathbf{K}_{1'} - K_{1'} \mathbf{K}_{2'}))^{-1} |\mathbf{K}_{1'}|^3 \, d\Omega_{\mathbf{K}_1}$$
$$= (\pi^2 \hbar^2 c^2)^{-1} |S|^2 ([K_1 K_2]^2 - \mu_1^2 \mu_2^2)^{-\frac{1}{2}} (\mathbf{K}_{1'}(K_2 \mathbf{K}_{1'} - K_{1'} \mathbf{K}_{2'}))^{-1} |\mathbf{K}_{1'}|^3 \, d\Omega_{\mathbf{K}_{1'}},$$

avec

$$|S|^2 = 16 K_1 K_2 K_{1'} K_{2'} \overline{|H'^{(1)}|^2}.$$

Le calcul de $\overline{|H'^{(1)}|^2}$ s'effectue facilement par la méthode de Casimir si l'on ne considère dans l'évaluation de l'élément de matrice de diffusion $H'^{(1)}$ que les processus du second ordre et son expression a déjà été donnée dans divers cas particuliers par différents auteurs [1]. Nous examinerons ici l'évaluation de cette expression en fonction des covariants Δ_1 et Δ_2.

Pour tenir compte du caractère neutre ou chargé des corpuscules du champ C_0 et des interdictions résultant du principe d'exclusion et de la conservation de la charge, nous introduirons des coefficients a et b associés aux valeurs propres du spin isotopique [2] (par exemple : pour des particules 1 et 2 portant les mêmes charges électriques ou neutres, $e_1 = e_2 = e_{1'} = e_{2'}$, et un champ C_0 neutre $a = 1$, $b = 1$, pour un champ chargé $a = b = 0$; pour des particules 1 et 2, l'une chargée, l'autre neutre $e_1 = e_{1'}$, $e_2 = e_{2'} = 0$, si C_0 neutre $a = 1$, $b = 0$, si C_0 chargé $a = 0$, $b = -2$).

Dans le cas où les particules de champ C_0 sont de type, soit scalaire, soit

---

(1) *Voir* par exemple : C. Møller, *Ann. Phys.*, (5), **14**, 1932, p. 531; M. Jean et J. Prentki, *J. Phys.*, **11**, 1950, p. 33-44.

(2) G. Wentzel, *Quantum Theory of Fields*.

pseudoscalaire, on a

$$\begin{aligned} H'^{(1)}_{sc} &= -g_1 g_2 [a(\Delta_1)^{-1} a_1^* \alpha_4 a_{1'} a_2^* \alpha_4 a_{2'} - b(\Delta_2)^{-1} a_1^* \alpha_4 a_{2'} a_2^* \alpha_4 a_{1'}], \\ H'^{(1)}_{ps} &= -g_1 g_2 [a(\Delta_1)^{-1} a_1^* \alpha_5 a_{1'} a_2^* \alpha_5 a_{2'} - b(\Delta_2)^{-1} a_1^* \alpha_5 a_{2'} a_2^* \alpha_5 a_{1'}], \end{aligned}$$

expressions qui nous redonnent facilement les résultats de M. Jean et J. Prentki (¹) qui s'écrivent ici :

$$\begin{aligned} |S|^2_{sc} = g_1^2 g_2^2 \{ & 4a^2(\Delta_1)^{-2}[\Delta_1 - \mu_0^2 + (\mu_1 + \mu_{1'})^2][\Delta_1 - \mu_0^2 + (\mu_2 + \mu_{2'})^2] \\ & + 4b^2(\Delta_2)^{-2}[\Delta_2 - \mu_0^2 + (\mu_1 + \mu_{2'})^2][\Delta_2 - \mu_0^2 + (\mu_2 + \mu_{1'})^2] + 2ab(\Delta_1\Delta_2)^{-1} \\ & \times \{ 2[\Delta_1 - \mu_0^2 - (\mu_1 + \mu_{1'})(\mu_2 + \mu_{2'})][\Delta_2 - \mu_0^2 - (\mu_1 + \mu_{2'})(\mu_2 + \mu_{1'})] \\ & + (\mu_1^2 + \mu_2^2 - 2\mu_{1'}\mu_{2'})(\mu_{1'}^2 + \mu_{2'}^2 - 2\mu_1\mu_2) \\ & - [(\mu_1 + \mu_{1'})(\mu_2 + \mu_{2'}) + (\mu_2 + \mu_{1'})(\mu_1 + \mu_{2'})]^2 \} \}, \end{aligned}$$

$|S|^2_{ps}$ se déduit de $|S|^2_{sc}$ par le seul changement de $\mu_{1'}$ en $-\mu_{1'}$ et de $\mu_{2'}$ en $-\mu_{2'}$.

Dans le cas où les particules de champ C_0 sont de type vectoriel, on a, négligeant dans l'hamiltonien les termes correspondant au potentiel de coïncidence

$$\begin{aligned} H'^{(1)}_{vect} = g_1 g_2 \{ & a(\Delta_1)^{-1} a_1^* a_2^* [(1)_{11'}(1)_{22'} - (\alpha)_{11'}(\alpha)_{22'}] a_{1'} a_{2'} \\ & - b(\Delta_2)^{-1} a_1^* a_2^* [(1)_{12'}(1)_{21'} - (\alpha)_{12'}(\alpha)_{21'}] a_{1'} a_{2'} \}, \end{aligned}$$

d'où l'on déduit facilement

$$\begin{aligned} |S|^2_{vect} = 32 g_1^2 g_2^2 \{ & [a(\Delta_1)^{-1} + b(\Delta_2)^{-1}]^2 [K_1 K_2][K_{1'} K_{2'}] \\ & + a(\Delta_1)^{-1}[a(\Delta_1)^{-1} + b(\Delta_2)^{-1}](\mu_1\mu_{1'}[K_2 K_{2'}] \\ & \qquad + \mu_2\mu_{2'}[K_1 K_{1'}] + 2\mu_1\mu_2\mu_{1'}\mu_{2'}) \\ & + b(\Delta_2)^{-1}[a(\Delta_1)^{-1} + b(\Delta_2)^{-1}](\mu_1\mu_{2'}[K_2 K_{1'}] \\ & \qquad + \mu_2\mu_{1'}[K_1 K_{2'}] + 2\mu_1\mu_2\mu_{1'}\mu_{2'}) \\ & + a^2(\Delta_1)^{-2}[K_1 K_{2'}][K_2 K_{1'}] + b^2(\Delta_2)^{-2}[K_1 K_{1'}][K_2 K_{2'}] \\ & + ab(\Delta_1\Delta_2)^{-1}(\mu_1\mu_2[K_{1'} K_{2'}] + \mu_{1'}\mu_{2'}[K_1 K_2] - 2\mu_1\mu_2\mu_{1'}\mu_{2'}) \} \\ = 8 g_1^2 g_2^2 \{ & (a(\Delta_1)^{-1} + b(\Delta_2)^{-1})^2 (\Delta_1 + \Delta_2 - 2\mu_0^2 + \mu_{1'}^2 + \mu_{2'}^2)(\Delta_1 + \Delta_2 - 2\mu_0^2 + \mu_1^2 + \mu_2^2) \\ & - 2a(\Delta_1)^{-1}(a(\Delta_1)^{-1} + b(\Delta_2)^{-1})(\mu_1\mu_{1'}(\Delta_1 - \mu_0^2 + (\mu_2 - \mu_{2'})^2) \\ & \qquad + \mu_2\mu_{2'}(\Delta_1 - \mu_0^2 + (\mu_1 - \mu_{1'})^2)) \\ & - 2b(\Delta_2)^{-1}(a(\Delta_1)^{-1} + b(\Delta_2)^{-1})(\mu_1\mu_{2'}(\Delta_2 - \mu_0^2 + (\mu_2 - \mu_{1'})^2) \\ & \qquad + \mu_2\mu_{1'}(\Delta_2 - \mu_0^2 + (\mu_1 - \mu_{2'})^2)) \\ & + a^2(\Delta_1)^{-2}(\Delta_2 - \mu_0^2 + \mu_1^2 + \mu_{2'}^2)(\Delta_2 - \mu_0^2 + \mu_2^2 + \mu_{1'}^2) \\ & + b^2(\Delta_2)^{-2}(\Delta_1 - \mu_0^2 + \mu_1^2 + \mu_{1'}^2)(\Delta_1 - \mu_0^2 + \mu_2^2 + \mu_{2'}^2) \\ & - 2ab(\Delta_1\Delta_2)^{-1}[\mu_1\mu_2(\Delta_1 + \Delta_2 - 2\mu_0^2 + \mu_1^2 + \mu_2^2) \\ & \qquad + \mu_{1'}\mu_{2'}(\Delta_1 + \Delta_2 - 2\mu_0^2 + \mu_{1'}^2 + \mu_{2'}^2) + 4\mu_1\mu_2\mu_{1'}\mu_{2'}] \}. \end{aligned}$$

Si $\mu_1 = \mu_2 = \mu_{1'} = \mu_{2'}$ et si $\mu_0 \to 0$ (diffusion électromagnétique, on a $a = b = 1$ et il reste

$$\begin{aligned} |S|^2 = 8e^4 \{ & ((\Delta_1)^{-1} + (\Delta_2)^{-1})^2 (\Delta_1 + \Delta_2 + 2\mu^2)^2 - 4\mu^2((\Delta_1)^{-1} + (\Delta_2)^{-1}) \\ & + (\Delta_1)^{-2}(\Delta_2 + 2\mu^2)^2 + (\Delta_2)^{-1}(\Delta_1 + 2\mu^2)^2 - 4(\Delta_1\Delta_2)^{-1}\mu^2(\Delta_1 + \Delta_2 + 4\mu^2) \}. \end{aligned}$$

ÉLECTRICITÉ. — *Orientation des germes cristallins de sulfate de magnésium* ($7OH_2$), *dans le champ électrique.* Note de M. **Jean Blandin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans des Notes précédentes ([1]) j'ai montré l'action du champ magnétique sur les germes cristallins de différents corps. J'ai repris dernièrement les expériences précédentes en utilisant le champ électrique.

Parmi un bon nombre de cristaux dont je possédais la valeur des constantes diélectriques suivant les trois axes, j'ai choisi le sulfate de magnésium comme présentant la plus grande anisotropie électrique. Pour une longueur d'onde infinie, les constantes diélectriques suivant les trois axes sont :

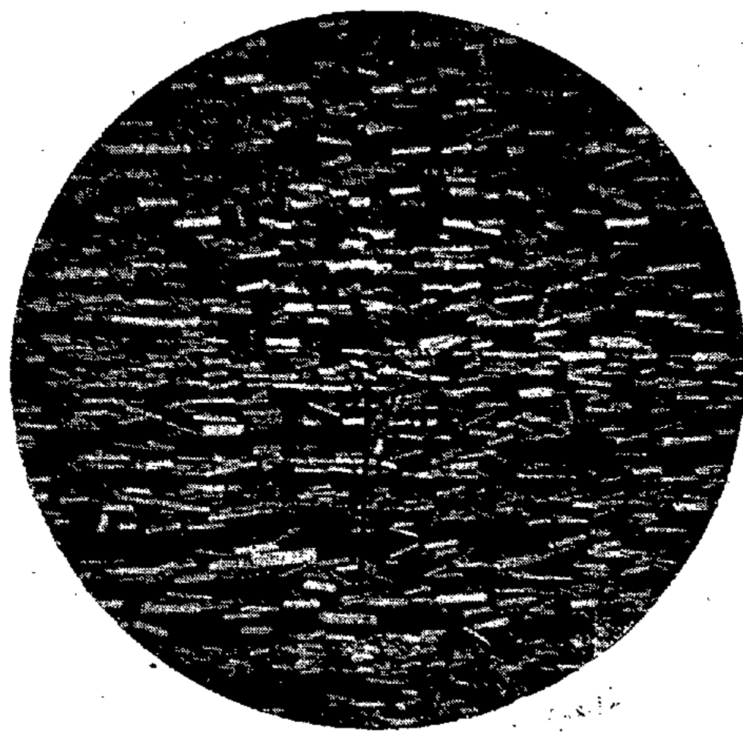
$$K_a = 5,26, \qquad K_b = 6,05, \qquad K_c = 8,28.$$

On a

$$K_c - K_a = 3,02,$$

ce qui est de beaucoup le nombre le plus élevé pour ΔK_{max} de tous les corps rencontrés.

J'ai opéré ensuite comme pour le champ magnétique, en ayant soin de recouvrir la préparation avec un couvre-objet, rapidement, avant l'établissement du champ, car il n'est guère possible d'opérer dans le champ électrique d'une manière analogue à celle utilisée dans le champ magnétique.



Le champ électrique était continu, d'environ 12000 V/cm, fourni par une machine de Pauthenier. Le dispositif support de la lame est identique à celui utilisé précédemment. Les deux armatures du condensateur étaient à

([1]) J. Blandin, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1718; 229, 1949, p. 1015 et 1075.

environ 2^{mm} de la lame de verre, donc non en contact avec la solution conductrice.

La figure ci-contre montre le résultat obtenu : les cristaux de sulfate de magnésium appartiennent au type orthorhombique et sont orientés comme dans le champ magnétique, leur plus grande longueur étant perpendiculaire au champ. On voit ici que, malgré la forme allongée du cristal, les pointes ne sont pas dirigées de manière à ce que sa plus grande longueur soit parallèle au champ électrique (direction marquée $\vec{E}$).

D'autres expériences effectuées sur des corps dont ΔK_{max} a une valeur voisine de 2, n'ont fourni aucun résultat dans un champ électrique de même valeur, comme par exemple le sel de Seignette pour lequel $\Delta K_{max} = 2,19$.

Le phénomène, rencontré sur le sulfate de magnésium, n'a pas encore été observé sur d'autres corps.

MAGNÉTISME. — *Champ coercitif des grains séparés et des ferromagnétiques connexes.* Note de M. **Louis Weil**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Dans les grains suffisamment petits et séparés, l'aimantation change par rotation d'ensemble des spins. Dans les milieux connexes, elle change par déplacement des parois de Bloch. On rappelle les théories de Néel pour le champ coercitif dans les deux cas et l'on étudie le passage de l'un à l'autre pour les poudres légèrement frittées. On vérifie les explications proposées pour un ferro-nickel.

L'aimantation de grains isolés, formant un domaine élémentaire, ne peut se modifier que par une rotation d'ensemble des spins; si l'anisotropie de forme seule s'oppose à ce mouvement, la rotation se produit dans un champ $\mathcal{J}f(e)$, où $f(e)$ est une fonction de la forme des grains et $\mathcal{J}$ est l'aimantation à saturation ([1]). Quand on agglomère les grains, on observe un champ coercitif, proportionnel à la fraction vide $1 - d/d_0$, de la forme $H_1 = \mathcal{J}(1 - d/d_0)f(e)$.

Cette théorie, due à Néel, suppose essentiellement que les grains, en contact par des points, sont magnétiquement séparés. Or, un frittage, même léger, développe, au voisinage des points de contact, des ponts (*figure*). Pour que ces ponts soient ferromagnétiques, il faut qu'ils aient une largeur dépassant une dizaine d'angströms ([2]). Entre les deux grains A et B, l'aimantation change progressivement de direction sur les ponts, où se forment donc des éléments d'une paroi de Bloch. On a alors affaire à un ferromagnétique connexe, comprenant des cavités qui s'opposent au libre déplacement des parois (Kersten, Néel).

Néel a étudié le déplacement de parois retenues par des cavités, d'une part

---

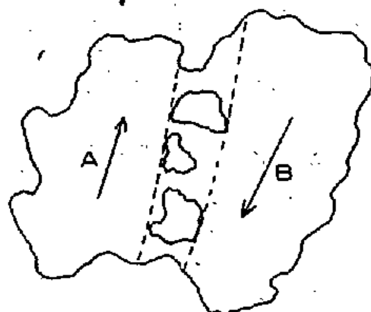
([1]) L. Néel, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1488 et 1550.

([2]) H. König, *Naturwissenschaften*, 1946, p. 71.

sans ([3]), puis en tenant compte ([4]) des fluctuations thermiques. Dans la première théorie, il trouve pour le champ coercitif

$$H_2 = \frac{\rho^3}{s^2}\sqrt{\frac{K}{E}\,\frac{2K + \frac{4\pi \mathcal{J}^2 K}{E a^2}\rho^2}{\mathcal{J} a}},$$

K étant la constante d'anisotropie, E l'énergie de désaimantation, a le paramètre du réseau, s désigne le diamètre des ponts dans notre représentation, 2ρ le diamètre des cavités qui les séparent, soit de l'ordre de 100 Å. Pour le fer



à température ordinaire par exemple $H_2 = 4,7.10^7 \rho^3/s^2$, soit, avec les valeurs indiquées, 1000 Oe; si l'on ne tient pas compte des fluctuations thermiques, H_2 est de l'ordre des valeurs observées ([5]) pour H_1 et un léger frittage ne modifie pas le champ coercitif mesuré qui reste H_1.

Les fluctuations thermiques rendent possibles des déplacements de paroi dans un champ H_3 inférieur à H_2. La constante de temps de ces déplacements est de la forme

$$\tau = C \exp\left\{\frac{4\mathcal{J} SL(H_2 - h)^{\frac{3}{2}}}{3kTH_2^{\frac{1}{2}}}\right\}.$$

Autrement dit, lorsque dans une expérience en champs croissants on atteint une valeur $h = H_3$ telle que τ soit de l'ordre de la seconde, la paroi se déplace et le champ coercitif est donc H_3. L'écart $H_2 - H_3$ peut être d'autant plus important, pour une valeur de τ donnée, que S, surface de la paroi, est plus petit et que, la température T, est plus élevée. Nous ne nous occuperons pas de L, distance des obstacles, ni de la constante C.

Pour les poudres frittées, S est particulièrement petit et le mouvement brownien de la paroi est particulièrement important. Ce n'est qu'à température suffisamment basse que H_3 devient voisin de H_2. A température élevée, on doit s'attendre à une baisse du champ coercitif apparent des grains frittés.

Ces considérations permettent de prévoir l'évolution du champ coercitif des agglomérés légèrement frittés en fonction de la température.

([3]) L. Néel, *Cahiers de Physique*, 25, 1944, p. 21.
([4]) L. Néel, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1210.
([5]) L. Weil, *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 229; 227, 1948, p. 1347.

1° Si $H_{-2} > H_1$, on observe à température suffisamment basse le champ coercitif H_1 de l'aggloméré non fritté; lorsque la température croît, le champ coercitif commence à baisser dès que $H_3 < H_1$ pour tout ou partie de l'aggloméré.

2° Si $H_2 < H_1$, le frittage entraîne une baisse de champ coercitif à toutes températures, baisse d'autant plus accusée que T est grand.

On rend compte ainsi de la forte variation du champ coercitif observée par Galt (6) sur une poudre de ferro-nickel à 68 % Ni (380 Oe à — 193° contre 200 Oe à 300° alors que $\mathcal{I}$ varie peu); le chauffage préalable à 300° a donné lieu à un léger frittage et Galt a mesuré non H_1 mais H_2 ou H_3. Pour cet alliage réputé magnétiquement isotrope on aurait pu s'attendre à H_2 nul, mais l'état de division a favorisé l'apparition de la surstructure Ni_3Fe légèrement anisotrope (7).

La théorie proposée rend compte également des propriétés de plusieurs séries d'agglomérés de ferro-nickel de 9 à 49 % de fer, en cours de publication (*Journal de Physique*).

Nous nous sommes limité au cas de poudres faiblement frittées; à température supérieure à la température de préparation il est probable que la forme des grains, et donc H_1, change; mais, dans son principe, le mécanisme décrit explique le passage progressif des propriétés de l'aggloméré à celles du ferromagnétique massif que l'on obtient par chauffage à température élevée.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur l'origine des harmoniques dans l'ionosphère, aux points où la constante diélectrique s'annule.* Note de MM. **Karl Försterling** et **Hans-Otto Wüster**, présentée par M. Jean Cabannes.

Étude de la propagation d'ondes électriques dans l'ionosphère, considérée comme milieu inhomogène, et mise en évidence d'harmoniques d'origine ionosphérique pour les lieux où la constante diélectrique s'annule.

En examinant la propagation d'une onde plane dans l'ionosphère considérée comme milieu inhomogène admettant une stratification plane, nous avons mis en évidence que, dans le cas d'une incidence oblique, l'absorption étant négligée, aux points où la constante diélectrique ε s'annule, la valeur de la composante du champ électrique parallèle à la direction de la stratification devient infinie (1). Dans le cas où l'on peut utiliser pour ε, au voisinage d'un zéro simple, une approximation linéaire, on obtient en négligeant l'absorption

(6) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 845.

(7) L. Weil, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 923.

(1) K. Forsterling, *Arch. d. el. Übertragung*, 3, 1949, p. 115-120.

une valeur de la composante du champ électrique devenant infinie comme $\log z$, tandis que la composante perpendiculaire à la direction de la stratification devient infinie comme $1/z$ au même endroit.

Lorsque l'absorption causée par les chocs devient très faible, ce qui est le cas pour la couche F de l'ionosphère, on devrait s'attendre à une croissance rapide du champ au lieu où $\varepsilon = 0$; mais un tel comportement du champ électrique E conduirait à une augmentation de la densité de charge physiquement impossible et pour un zéro d'ordre supérieur l'augmentation de la valeur du champ serait encore plus importante. L'expérience ne nous donne aucune indication à ce sujet.

Afin d'arriver à une représentation correcte des processus physiques réels, nous avons discuté en détail le calcul de ε :

Nous partons de l'équation fondamentale du mouvement des électrons

$$m\frac{d\vec{v}}{dt} = e\vec{E}.$$

Au voisinage de $\varepsilon = 0$ l'électron se déplace dans une région où le champ subit de fortes variations d'un point à l'autre; d'autre part ce dernier admet des valeurs très élevées même dans le cas d'une faible absorption; il en résulte que l'électron oscille avec une très forte élongation et qu'il parcourt durant une telle oscillation des régions où le champ admet une forte variation.

Dans ce cas on ne peut pas introduire dans l'équation du mouvement de l'électron la valeur du champ solution de l'équation de propagation déduite des équations de Maxwell, ces dernières étant établies pour un point donné de l'espace; plus précisément on doit introduire dans l'équation du mouvement la valeur réelle du champ en fonction de la position actuelle de l'électron. Nous voyons maintenant que ce champ admet en plus de l'oscillation fondamentale émise par l'émetteur les harmoniques des divers ordres. Ces harmoniques apparaissent dans la densité du courant et dans le champ de l'onde. L'énergie correspondant aux différents harmoniques résulte de l'énergie de l'oscillation fondamentale et l'on aboutit ainsi à une absorption de cette dernière.

Un des résultats de notre étude est que des harmoniques peuvent se former dans l'ionosphère indépendamment des émissions de l'antenne. Ces harmoniques déterminent une nouvelle absorption de l'onde fondamentale. A l'heure actuelle nous portons notre attention sur la détermination de la valeur de cette absorption, et nous essayons de résoudre le même problème compte tenu du champ magnétique terrestre dont l'existence rend les calculs beaucoup plus compliqués.

ÉMISSION THERMIONIQUE. — *Processus thermoélectroniques dans les cathodes à la thorine.* Note de M. **Guy Mesnard**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons, dans une précédente Note (1), indiqué les propriétés thermioniques de la thorine à la suite de traitements d'activation à des températures progressivement croissantes. Ce comportement de nos cathodes s'explique par la production, la diffusion et l'évaporation de thorium libre, dont nous allons préciser et étendre les effets. Chaque traitement à haute température conduit à un équilibre dynamique résultant de ces trois phénomènes et comportant une certaine concentration de thorium libre au sein de la thorine et un certain degré de recouvrement de la surface en thorium adsorbé. Ainsi, si l'on excepte les processus irréversibles résultant des premiers traitements (cristallisation) et d'une température très élevée (en particulier évaporation de la thorine), un traitement d'activation à une température donnée conduira toujours (à condition que sa durée ait été suffisante) à une même émission, quels que soient les traitements intermédiaires. Nous sommes amené à penser qu'à chacune des températures de fonctionnement correspond aussi un état d'équilibre dynamique. Cela explique l'évolution de l'émission thermionique jusqu'à une valeur quasi stationnaire ne dépendant que de la température considérée; cette valeur est plus faible que celle qui suit une activation à température plus élevée, mais c'est elle qu'il faut évidemment considérer si l'on veut utiliser la thorine comme source stable d'électrons; elle est atteinte d'autant plus vite que la température est plus élevée et l'épaisseur du revêtement plus faible. Il en résulte qu'il n'y a pas à établir de distinction entre les températures d'activation et de fonctionnement : par exemple l'émission stable à 1950° K est celle qui correspond à l'activation, très peu poussée, effectuée à cette température. Des observations de ce genre ont d'ailleurs été signalées pour des cathodes différentes des nôtres par Fan (2), qui en a ébauché l'explication.

Nous devons donc compléter l'étude thermionique de notre précédente Note en faisant intervenir les états d'équilibre aux basses températures. Nous avons exploré la zone 1450-2800° K; au-dessous de 1450° K la cathode est pratiquement *figée* et même l'émission thermionique reste assez stationnaire jusqu'à 1850° K pendant plusieurs dizaines d'heures; au-dessus de 1850° K elle croît rapidement. Cependant l'examen des variations de A et φ permet de distinguer trois zones de températures : jusque vers 2150° K, A et φ diminuent quand la température augmente; de 2150° K à 2600° K environ, on observe

(1) G. Mesnard, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 768.

(2) *J. Appl. Physics*, 20, 1949, p. 682-690.

au contraire une augmentation; au delà, A et φ diminuent quelque peu, ainsi d'ailleurs que l'émission. Ces résultats s'interprètent en admettant que A caractérise essentiellement la concentration en thorium libre et φ le recouvrement. Aux basses températures, la production de thorium est très réduite et l'émission est faible; une augmentation de température facilite toutefois la diffusion des rares atomes de thorium, d'où un enrichissement du film superficiel (et par suite un abaissement du potentiel de sortie), tandis que A diminue. A continue à décroître au-dessus de 1 850°K, bien que la production de thorium soit devenue appréciable, en raison de l'évaporation importante. Celle-ci est assez intense à partir de 2 150° K pour diminuer le recouvrement et par suite augmenter φ (dont le minimum était de l'ordre de 1,5 V), mais A augmente aussi en raison de l'importante production de thorium. Celle-ci perd de son efficacité au-dessus de 2 600° K, le thorium diffusant et s'évaporant très vite. L'étude de l'effet Schottky et des écarts à la loi de Langmuir apporte d'intéressantes précisions sur l'évolution du film superficiel en accord avec la théorie des *patches;* par contre l'interface tungstène-thorine ne semble pas jouer un grand rôle dans l'émission statique, comme il résulte du comportement de nos cathodes aux potentiels retardateurs. Les processus déterminant l'émission sont finalement analogues à ceux qui interviennent dans les cathodes classiques, les différences importantes provenant des valeurs relatives des chaleurs latentes de production, de diffusion et d'évaporation du thorium; notre interprétation semble indiquer que la première est la plus élevée et la seconde la plus faible, *mais nous comptons les évaluer par d'autres méthodes et en même temps vérifier notre théorie dont il est instructif de confronter la traduction mathématique avec l'expérience.*

Ainsi l'étude thermionique nous renseigne sur l'état de la thorine sous vide en fonction de la température; il en résulte en particulier de nombreuses corrélations entre les propriétés thermioniques et d'autres propriétés où se manifestent encore en gros les zones de températures que nous avons décelées [nous avons déjà signalé des variations de l'émissivité optique dans le rouge ([3])]. Par exemple, dans la zone des basses températures, on observe, quand celle-ci croît, une diminution de la résistance de la cathode et de ses pouvoirs émissifs spectral et total; ces grandeurs subissent ensuite une augmentation importante qui s'accentue aux températures très élevées : la variation de résistance est de l'ordre de 10 %, celle de l'émissivité dans le rouge de 100 %, celle de l'émissivité totale de 50 %. On reconnaît aux basses températures les effets de l'évaporation, puis ceux de la production de thorium, l'augmentation de résistance ne provenant d'ailleurs pas de la variation de conductivité de la thorine (qui, si elle était suffisante, produirait l'effet inverse), mais vraisemblablement de la formation d'alliage tungstène-thorium.

([3]) G. Mesnard, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1582.

Quoi qu'il en soit, ces faits exigent des précautions dans la mesure de la température; c'est ainsi que pour obtenir la même température le courant de chauffage peut varier de 25 %.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Une méthode de détection et de mesure de l'astigmatisme d'ellipticité*. Note de M. **Raymond Castaing**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les aberrations des systèmes optiques qui dans la microscopie courante donnent naissance à une tache de confusion introduisent dans la microscopie à ombre une distorsion de l'image. La distorsion particulière correspondant à l'astigmatisme d'ellipticité est étudiée ici. Elle constitue un test sensible de l'astigmatisme des systèmes optiques, et en particulier des lentilles électroniques.

Les aberrations d'un système optique voisin d'un système centré, et en particulier son *astigmatisme d'ellipticité*, peuvent être mises en évidence de façon commode par utilisation de ce système comme lentille réductrice dans un microcope à ombre. Rappelons que, dans un tel microscope, une source lumineuse ponctuelle projette sur un écran une image agrandie de l'objet; cette source ponctuelle est elle-même obtenue par réduction de la source initiale à l'aide d'un système centré. Il est bien connu que les aberrations du système réducteur n'influent pas sur la finesse de l'image, mais entraînent une distorsion de celle-ci. L'aberration « sphérique » conduit à une distorsion en barillet ou en coussinet. L'astigmatisme d'ellipticité entraîne pour sa part une distorsion de nature spéciale que nous nous proposons d'étudier.

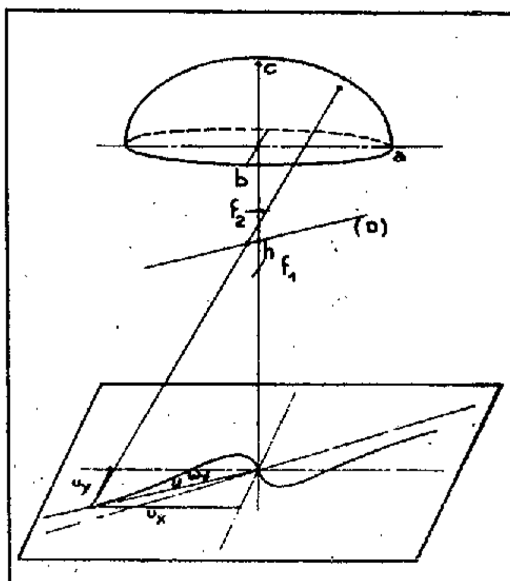


Fig. 1.

Nous assimilerons (*fig.* 1) la surface d'onde dans le milieu image et au voisinage de l'axe à un ellipsoïde applati dont les deux grands axes *a* et *b* perpendiculaires au rayon moyen sont légèrement différents, et dont le sommet *c* est situé dans le plan principal image. Les focales sont parallèles aux directions *a* et *b*, les distances focales étant $f_1 = a^2/c$ et $f_2 = b^2/c$. Les

constantes d'aberration sphérique $C = C_s/f$ et d'astigmatisme C_e sont liées aux trois axes a, b, c par les relations

$$C = \frac{a^2 + b^2 - 2c^2}{4c^2}, \qquad C_e = \frac{a^2 - b^2}{2c}.$$

Nous choisirons pour objet un fil très fin coupant perpendiculairement le rayon moyen, figuré par une droite D faisant un angle α avec la direction a. Les normales à l'ellipsoïde s'appuyant sur cette droite engendrent une surface dont la courbe à l'infini représente l'image du fil sur l'écran. Si u est la demi-ouverture, u_x et u_y ses composantes suivant les deux focales et h la distance du fil au sommet de l'ellipsoïde, on obtient pour équation générales des images

$$(a^2 u_x^2 + b^2 u_y^2 + c^2)^{\frac{1}{2}} = \frac{(b^2 - c^2)u_y - m(a^2 - c^2)u_x}{(h - c)(u_y - mu_x)},$$

avec $m = \operatorname{tg}\alpha$. Dans un espace étendu autour de l'axe, cette équation se ramène très sensiblement à

$$u^2 = \frac{f - h}{C_s} + \frac{C_e}{C_s}\,\frac{m + \operatorname{tg}\omega}{m - \operatorname{tg}\omega},$$

avec $f = (f_1 + f_2)/2$ et $\omega = (\widehat{a, D})$. La famille de courbes obtenue par variation de h pour un fil incliné à 45° des focales ($m = 1$) est représentée sur la figure 2a. La partie centrale de l'image subit une rotation progressive de 180° et non un renversement instantané comme dans le cas d'une lentille dépourvue

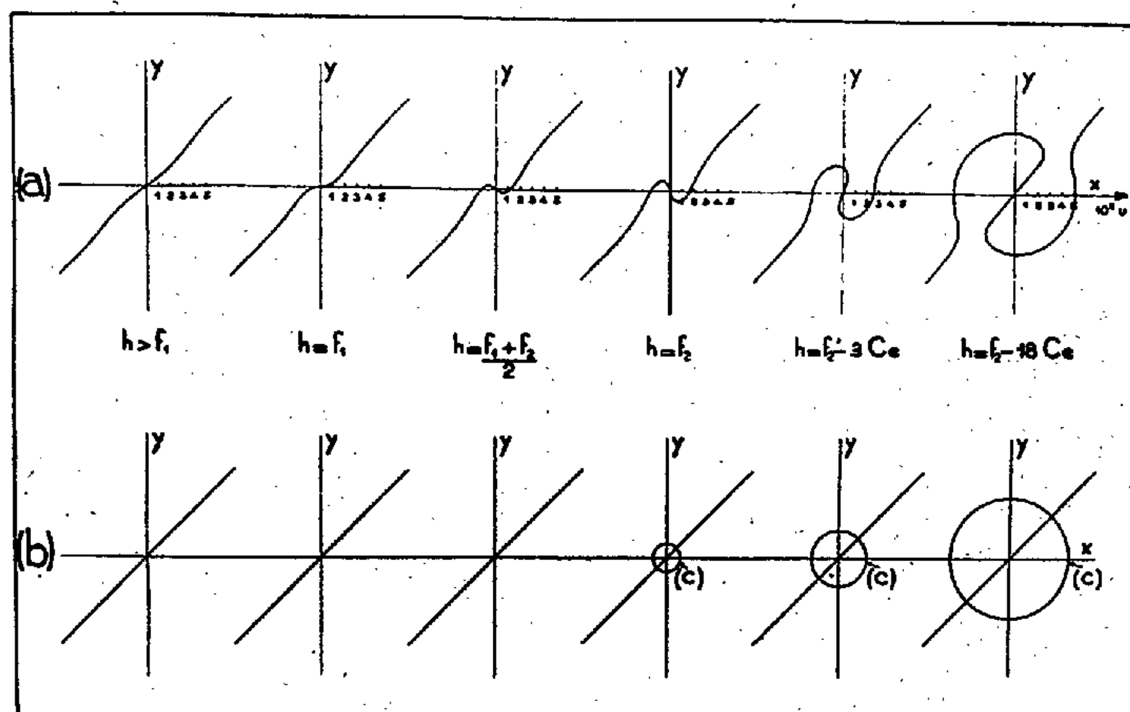


Fig. 2.

d'astigmatisme. La rotation est de $\pi/4$ sur la première focale, de $\pi/2$ à mi-chemin entre les deux focales et de $3\pi/4$ sur la deuxième focale. Les courbes 5 et 6 correspondent à des positions du fil de plus en plus rapprochées de la lentille (grandissement négatif dans l'approximation de Gauss). La courbe n° 3 ($h = f$) recoupe la direction de la deuxième focale pour une demi-ouverture

$u_0 = (C_e/C_s)^{1/2}$; cette relation fournit une méthode de mesure directe de l'astigmatisme d'ellipticité sur l'image expérimentale obtenue. Les courbes 2*b* représentent la succession des images dans le cas d'une lentille dépourvue d'astigmatisme (C est alors un cercle) ou bien lorsque l'aiguille est parallèle à l'une des focales (C est alors une ellipse de très faible excentricité).

L'expérience peut être faite avec une source lumineuse ordinaire et un système réducteur comprenant une lentille cylindrique destinée à créer l'astigmatisme d'ellipticité. Les images obtenues concordent parfaitement avec les courbes théoriques. Si l'astigmatisme est introduit par simple inclinaison du système réducteur, l'aspect général des images reste le même, mais leur symétrie est altérée. La surface d'onde en effet ne présente plus dans ce cas d'axe de symétrie et son assimilation à un ellipsoïde axé sur le rayon moyen n'est plus correcte. C'est donc à l'astigmatisme d'ellipticité que s'adapte principalement cette méthode; son application à une lentille électronique fera l'objet d'une Note ultérieure.

SPECTROSCOPIE. — *Études qualitatives sur les bandes d'absorption d'hydrocarbures saturés aliphatiques liquides dans le proche infrarouge.* Note de M. **Germain Gauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a étudié la région $0^\mu,9$-$1^\mu,9$ avec un spectrographe à réseau très dispersif qui a permis de résoudre les bandes harmoniques et de combinaison en de nombreuses composantes. On interprète les harmoniques suivant la structure du composé et l'on suggère une méthode pour choisir, entre les nombreuses combinaisons possibles, celles qui semblent réellement exister.

Le spectre très compliqué des carbures aliphatiques liquides entre le visible et 3^μ environ, s'explique, on le sait : 1° *par des harmoniques des vibrations fondamentales* carbone-hydrogène, dans lesquels on distingue, selon l'usage, des maxima attribuables aux groupements CH, CH_2, CH_3; 2° *par des bandes de combinaison* des fréquences d'oscillation précédentes avec les fréquences d'oscillation carbone-carbone situées dans le spectre plus éloigné ([1]).

Nous avons repris ces études avec un spectrographe enregistreur très dispersif ([2]), en utilisant dans les régions $0^\mu,9$-$1^\mu,1$, $1^\mu,1$-$1^\mu,4$, $1^\mu,4$-$1^\mu,7$, $1^\mu,7$-$1^\mu,9$, les épaisseurs respectives suivantes : $5^{cm},0$, $1^{cm},0$, $0^{cm},5$ et $0^{cm},1$ (pour les harmoniques) et 10^{cm} à 20^{cm} $10^{cm},0$, $2^{cm},0$ à $5^{cm},0$ et $0^{cm},2$ (pour les bandes de combinaison).

1. Identification des composantes harmoniques. — *Contrairement à ce qu'avaient supposé certains auteurs (probablement à cause d'une dispersion insuffisante),*

([1]) *Voir* Yéou Ta, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1371 et R. Freymann, *Group. des Rech. aéronautiques*, n° **11**, 1943.

([2]) *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 300.

dans nos mesures, pour un même composé, tous les harmoniques conduisent à une structure identique.

a. Harmonique vers $1^\mu,7$ $(n=2)$. — *Pour les hydrocarbures à chaîne droite* entre 6500 et 5900 cm^{-1}, apparaissent quatre maxima (étude de six hydrocarbures). Ainsi, pour l'hexane (n) : 5672 (CH_2), 5803 (CH_2), 5868 (CH_3) et 5908 (CH_3) cm^{-1}. La bande CH_2 vers 5800 cm^{-1} se dédouble et les intensités des deux composantes varient suivant la longueur de la chaîne carbonée. *Pour les hydrocarbures à chaîne ramifiée,* il existe cinq maxima, une bande nouvelle apparaissant à 5750 cm^{-1} et s'identifiant avec une vibration caractéristique du groupement CH.

b. Harmonique vers $1^\mu,2$ $(n=3)$. — *Avec les hydrocarbures à chaîne droite,* il possède deux composantes intenses (les seules qui aient été observées par d'autres auteurs), qui sont escortées par quatre composantes plus faibles (six hydrocarbures). Par exemple, les fréquences de l'hexane (n) apparaissent à 8265 (CH_2), 8379 (CH_3) 8451 (CH_3) et 8670 (CH_3) cm^{-1}. Même phénomène de dédoublement de la bande CH_2 la plus forte. *Avec les hydrocarbures à chaîne ramifiée,* on observe l'apparition d'une bande supplémentaire, attribuable au groupement CH, vers 8160 cm^{-1}.

c. Harmonique vers 1^μ $(n=4)$. — Pas plus que les précédents, il ne possède une structure simple. Hexane (n) : 10720 (CH_2), 10900 (CH_3), 11045 (CH_2), 11264 (CH_3) cm^{-1}.

2. Interprétation du spectre de combinaison. — Entre $1^\mu,4$ et $1^\mu,7$, comme entre $0^\mu,9$ et $1^\mu,2$, se place un spectre très complexe qui s'interprète au moyen de combinaisons. Il n'est pas possible d'utiliser, dans la formation de ces combinaisons, uniquement la composante la plus forte de chaque harmonique avec des fréquences fondamentales C—C situées dans l'infrarouge au-dessous de 1600 cm^{-1}, et descendant parfois à 200 ou 300 cm^{-1}. On est alors conduit à envisager aussi les combinaisons de ces dernières fréquences avec plusieurs composantes des harmoniques successifs. Certaines bandes de combinaison peuvent ainsi résulter théoriquement parfois de deux ou trois combinaisons. Nous proposons une méthode pour choisir entre toutes les combinaisons possibles celles qui reposent sur des justifications expérimentales.

	Hexane (n).			Heptane (n).		
CH_2	6510 =	5803 +	726 cm^{-1}	6510 =	5805 +	723 cm^{-1}
CH_3	6710	5868	861	6716	5868	853
CH_2	6819	5803	1062	6828	5805	1073
CH_2	6913	5803	1139	6903	5805	1139
CH_2	6982	5803	1223	6973	5805	1205
CH_2	7080	5803	1297	7067	5805	1303
CH_2	7181	5803	1382	7177	5805	1384
CH_2	7240	5803	1466	7215	5805	1461
CH_3	7349	5908	1466	7342	5910	1461

Parmi les carbures étudiés, huit présentent entre eux certaines relations de structure, qui se traduisent par des ressemblances très nettes dans le spectre. En comparant entre eux les spectres de ces composés analogues, on peut en déduire des fréquences de combinaison communes. L'interprétation que nous donnons est la seule possible.

Nous avons encore comparé entre eux les spectres des méthyl-2 et méthyl-3 pentanes, des diméthyl-2.3 et diméthyl-2.4 pentanes, des triméthyl-2.2.4 et triméthyl-2.2.5 hexanes. La confrontation des spectres des isomères ne donne rien. Le spectre de combinaison d'un carbure dépend beancoup plus du degré de ramification de la chaîne que de sa longueur. Ce résultat signifie que la symétrie des molécules intervient au premier chef dans les spectres de combinaison (comme dans le spectre de vibration au delà de 6μ qui participe à ses combinaisons), puisque, contrairement aux carbures à chaîne droite, les termes ramifiés peuvent présenter toutes les symétries moléculaires possibles. Les ramifications augmentant, on est conduit à faire intervenir un nombre croissant de vibrations CH_3 dans les combinaisons. Après ces discriminations, il reste généralement, pour chaque carbure, trois ou quatre bandes dans le spectre de combinaison qui n'ont pas d'analogues dans le spectre des carbures pris comme comparaison, et qui sont alors caractéristiques du dérivé examiné.

EFFET RAMAN. — *Variations de fréquence de raies Raman avec la direction de propagation des ondes élastiques dans les cristaux.* Note de Mme **Lucienne Couture-Mathieu** et M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans un cristal d'acide iodique, dépourvu de centre de symétrie, la fréquence des ondes élastiques qui produisent un moment dipolaire, ainsi que l'intensité des raies diffusées qu'elles produisent, dépendent de la direction de propagation de ces ondes.

Dans la théorie de G. Placzek [1], l'effet Raman d'un cristal est regardé comme produit par la diffusion des ondes électromagnétiques sur des ondes élastiques de longueur d'onde quasi infinie, dont la fréquence est égale à une fréquence principale du cristal. Le moment diffusé M est une fonction linéaire vectorielle du champ électrique E de l'onde lumineuse incidente : $M_i = \sum_j \varepsilon_{ij} E_j$; le tenseur de polarisabilité dérivé, dont dépend l'effet Raman, est généralement supposé symétrique $\varepsilon_{ij} = \varepsilon_{ji}$.

Nous avons étudié l'effet Raman transversal d'un monocristal d'acide iodique IO_3H [2] de symétrie $D_2^4(P\,2_1 2_1 2_1)$. Le tableau suivant donne une

(1) *Handbuch der Radiologie*, 6, II, p. 269.

(2) M. T. Rogers et L. Helmholz, *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 278.

partie des résultats expérimentaux pour les types de vibrations B_1, B_2, B_3 du groupe D_2, lorsqu'on éclaire suivant Ox en lumière polarisée et qu'on analyse la lumière diffusée suivant Oy, pour les six positions possibles du cristal; OX, OY, OZ désignent les axes de réfractivité principaux du cristal. La longueur d'onde de la raie excitatrice était 4358 Å. Le pouvoir rotatoire, nul ou très faible suivant les directions principales, ne gêne pas. Pour chaque raie de Raman, on a donné la fréquence en cm^{-1} et l'intensité relative entre parenthèses.

Orient. cristal Ox Oy Oz.	Direction de $\vec{k}$.	Type B_1. ε_{XY} ou ε_{YX}.				Type B_2. ε_{ZX} ou ε_{XZ}.		Type B_3. ε_{YZ} ou ε'_{ZY}.			
OZ OX OY / OX OZ OY	(101)	626	753	830		719	837	651	756	800	830
		(10)	(12)	(6)		(11)	(4)	(6)	(6)	(4)	(4)
OZ OY OX / OY OZ OX	(011)	626	770	816	840	719	842	651	771	800	843
		(10)	(12)	(4)	(1,5)	(11)	(4)	(5)	(8)	(3)	(1,5)
OX OY OZ / OY OX OZ	(110)	626	735	800		719	839	656		808	838
		(10)	(19)	(1)		(11)	(4)	(4)		(8)	(1)

Ces résultats [3] ne peuvent s'expliquer par la théorie admise, que l'on considère un tenseur symétrique ou asymétrique. En effet, les spectres de types B_1, B_2, B_3 devraient se reproduire identiques à eux-mêmes dans les six cas d'observation, si l'on admet que le tenseur est symétrique, ou se répartir en deux groupes de trois spectres identiques dans l'hypothèse d'un tenseur asymétrique, les fréquences restant les mêmes dans les six spectres, et les intensités changeant selon qu'on a affaire au coefficient ε_{ij} ou ε_{ji}.

Or, on observe que les spectres correspondant à l'un des trois types B se séparent en trois groupes de deux. D'un groupe à l'autre, il existe des variations de fréquence et d'intensité des raies de Raman. Les raies de type A_1, omises dans le tableau, ne montrent pas de variations de fréquence et les variations de leur intensité s'expriment à partir d'un tenseur, en ce qui concerne les coefficients ε_{ii}; elles présentent cependant des anomalies de polarisation.

On a affaire, dans toutes nos observations, à des ondes élastiques dont la longueur d'onde Λ est constante et voisine de $0^{\mu},3$ d'après la relation de Bragg-Brillouin, mais la direction du vecteur d'onde $\vec{k}(k = 1/\Lambda)$ varie comme l'indique le tableau, où elle est donnée par trois paramètres directeurs relatifs aux axes OX, OY, OZ du cristal.

Les spectres relatifs à un même type de vibration B sont identiques seulement pour une même orientation de $\vec{k}$, qu'il s'agisse du coefficient ε_{ij} ou ε_{ji}. On doit donc admettre que les fréquences des ondes élastiques observées en effet Raman ($\Lambda \sim 0^{\mu},3$) varient dans le cristal étudié avec l'orientation de ces

(3) *Voir* aussi M. Dellagi, *Diplôme d'Études Supérieures*, Paris 1950.

ondes. La grandeur du coefficient du tenseur de polarisabilité dérivé varie aussi avec l'orientation de $\vec{k}$.

Il convient donc d'écrire l'expression de la fréquence d'une oscillation principale n : $\nu^{(n)}(\alpha\beta\gamma)$ et celle des coefficients du tenseur correspondant $\varepsilon_{ij}^{(n)}(\alpha\beta\gamma)$, α, β et γ désignant des paramètres directeurs du vecteur $\vec{k}$ (4).

On remarque que les types de vibrations donnant des raies de fréquence variable sont actif dans l'absorption infrarouge : ils entraînent donc l'existence d'un moment dipolaire. Les anomalies ne s'observent d'ailleurs que pour les vibrations de valence de la molécule IO_3H, correspondant aux plus hautes fréquences du spectre, qui doivent donner naissance aux moments dipolaires les plus intenses.

Or, J. Couture (5) a montré, dans le cas d'un cristal cubique du type ClNa, que la fréquence d'une onde élastique de longueur d'onde finie dépend beaucoup de la direction de propagation de l'onde par rapport à la direction de la vibration, dans le cas où celle-ci produit un moment dipolaire dans la maille. Si ce moment est nul, les fréquences des ondes élastiques observées en effet Raman sont égales aux fréquences principales du cristal correspondant à une longueur d'onde infinie; cela se produit, en particulier, pour toutes les vibrations des cristaux qui possèdent des centres de symétrie.

PHOTOPHORÈSE. — *Action combinée d'un champ haute fréquence et d'un faisceau lumineux intense sur des particules en suspension dans l'air.* Note de MM. **Jean Bouchard** et **Pierre Tauzin**, présentée par M. Aimé Cotton.

Certaines particules en suspension dans l'air, éclairées par un faisceau intense et soumises au champ haute fréquence d'un condensateur, se déplacent dans la direction du champ et voient leur vitesse de photophorèse longitudinale modifiée. Comme pour la magnétophotophorèse, ces phénomènes sont la conséquence de l'orientation des particules dans le champ.

Par contre, le champ haute fréquence d'un solénoïde ne provoque, dans les mêmes conditions, ni orientation, ni déplacement de ces particules.

1. *Introduction.* — Grötzinger (1) a signalé que si l'on soumet à un champ électrique haute fréquence les particules d'un aérosol de tellure ou de sélénium éclairées par un faisceau intense, la vitesse de photophorèse de certaines particules est modifiée. Nous avons repris ces expériences pour les compléter et les expliquer. L'aérosol à étudier, contenu dans une petite cuve munie d'électrodes, était éclairé et observé suivant une technique décrite ailleurs (2). Les

(4) *Voir* A. Kastler, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 39.
(5) *Revue scientifique*, 85, 1947, p. 86.
(1) Cité par Ehrenhaft dans *Annales de Physique*, 13, 1940, p. 168.
(2) P. Tauzin, *Cahiers de Physique*, n° 19, 1944, p. 9.

courants haute fréquence étaient produits dans un circuit oscillant comprenant une self et une capacité, alimenté par un générateur de 350 W stabilisé par quartz et fonctionnant à la fréquence de 14 040 kHz. Suivant le cas, on reliait les électrodes de la cuve aux bornes du condensateur du circuit oscillant ou on plaçait la cuve à l'intérieur du solénoïde inducteur. Dans le premier cas, le champ électrique entre les électrodes de la cuve pouvait aller jusqu'à 1000 V/cm environ; dans le deuxième cas, l'intensité efficace du courant dans le solénoïde inducteur était de l'ordre de 5 à 10 A, correspondant à une valeur maximum du champ magnétique de l'ordre de 5 à 10 gauss.

On a étudié des particules de diverses poudres mises en suspension dans l'air : sélénium, fer, nickel, cobalt, tungstène, colorants divers, des particules produites par condensation du sélénium et du tellure chauffés dans l'air, des particules d'arc au fer obtenues dans l'air, des fumées obtenues par combustion incomplète de mélanges de bleu de méthylène et de perchlorate d'ammoniaque, des pulvérisations d'huile de vaseline ou de solutions diverses de colorants dans ce dernier corps.

2. *Expériences.* — Dans tous les aérosols de poudres, de fumées de condensation, d'arc au fer, et d'une façon générale dans tous les aérosols qui comportent des particules absorbantes, de forme ou de composition irrégulières, on constate que, lorsqu'on soumet les particules à l'action simultanée du faisceau lumineux et du champ haute fréquence du condensateur, certaines d'entre elles se déplacent dans la direction du champ dans un sens ou dans l'autre. Dans les champs faibles, la particule peut, dans un temps de l'ordre de quelques secondes, inverser plusieurs fois le sens de son mouvement. Mais, dans les champs forts, le sens, d'ailleurs quelconque, du déplacement d'une particule, reste invariable. D'autre part, pour un certain nombre de particules qui se déplacent ou non dans la direction du champ haute fréquence, la vitesse de photophorèse longitudinale dans le faisceau intense est différente suivant qu'on fait agir ou non le champ haute fréquence; c'est l'effet signalé par Grötzinger. Tous ces phénomènes cessent lorsqu'on atténue le faisceau par un verre absorbant. Mais, fait très important, aussi bien en lumière intense qu'en lumière faible, on distingue, lorsqu'on met le champ, un changement d'éclat de la plupart des particules; celles-ci sont orientées par le champ magnétique. Comme dans le cas de la magnétophotophorèse, ce phénomène est bien visible si l'on retire légèrement le microscope d'observation de façon à apercevoir, au lieu de l'image ponctuelle d'une particule, une série d'anneaux moins brillants.

Pour les particules sphériques (huile de vaseline et solutions de colorants dans ce corps) on n'a observé aucun des effets ci-dessus.

Enfin, le champ haute fréquence du solénoïde n'a d'action sur aucune des particules étudiées.

3. *Théorie.* — Soit, dans le champ haute fréquence du condensateur, une

particule de forme plus ou moins allongée. Puisqu'elle s'oriente dans ce champ, c'est qu'elle est soumise à un couple fonction seulement du carré du champ. Ceci exige que le moment électrique induit par le champ, moment d'ailleurs dirigé suivant la grande dimension de la particule, s'inverse en même temps que ce champ. La particule tourne et s'oriente jusqu'à une position telle que ce couple soit nul.

Dès lors, la théorie du déplacement des particules est exactement la même que pour la magnétophotophorèse ([3]). Le déplacement, qui est rectiligne ou en hélice, s'explique en combinant l'orientation de la particule avec la présence sur sa surface de régions qui s'échauffent plus que le reste de la particule et sur lesquelles les chocs moléculaires sont plus intenses.

Dans les champs faibles, le couple est faible, et l'orientation de la particule est constamment dérangée par les chocs moléculaires; de ce fait les régions privilégiées changent constamment d'orientation, ce qui gêne le mouvement; la particule peut même pivoter de 180°, les régions privilégiées pivotent avec elle et le mouvement se trouve inversé.

La particule a son maximum d'éclat quand elle est orientée de façon à présenter sa plus grande surface à la lumière, et son minimum d'éclat dans le cas contraire. On conçoit aussi que, suivant la grandeur de la surface éclairée, la vitesse de photophorèse longitudinale puisse être modifiée.

Examinons maintenant l'action du champ haute fréquence du solénoïde. Puisqu'il ne produit aucune orientation des particules, ces dernières ne portent aucun moment appréciable induit par le champ; leur moment, s'il existe, ne peut être que permanent. C'est effectivement le cas pour les particules ferromagnétiques (fer, nickel, cobalt). Dans le champ haute fréquence du sélénoïde, elles sont soumises à un couple qui s'inverse avec le champ. Mais elles sont trop grosses pour pouvoir pivoter en suivant les inversions trop rapides du champ, qui n'a dès lors aucune action sur elles. Il est incapable de les orienter, et ne peut, *a fortiori*, modifier leur vitesse de photophorèse.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude statistique des isotopes émetteurs β.* Note (*) de M. **Charles Martin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Une étude de plus de 600 isotopes radioactifs émetteurs β actuellement connus permet de tracer la courbe donnant le nombre *n* d'émetteurs β en fonction du logarithme de la période. La répartition des points ainsi obtenus présente un maximum pour T = 1 heure 30 minutes, mais n'est pas symétrique par rapport à ce maximum; on procède à l'étude statistique de *n* en analysant les diverses caractéristiques, soit des particules émises, soit de la parité des noyaux.

Nous avons relevé à l'aide des tables des noyaux stables et radioactifs de

([3]) *Voir* P. Tauzin et J. Creusot, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 614.

(*) Séance du 16 octobre 1950.

R. Grégoire [1] complétées par celles de G. T. Seaborg [2], 612 isotopes présentant le phénomène d'émission ou absorption d'électrons : radioactivités β^-, β^+, capture K, électrons de conversion interne. Ces données, maintenant assez nombreuses pour donner un sens à une statistique, permettent de tracer la répartition du nombre n d'émetteurs β correspondant à une période T déterminée. Ces périodes allant depuis la fraction de seconde jusqu'à 10^{19} ans, une échelle logarithmique s'impose et c'est le $\log_{10} T$ qui est porté en abscisse.

La courbe joignant les points ainsi obtenus présente un maximum M pour $\log_{10} T = 3,75$, soit une période de l'ordre de 1 heure 30 minutes, mais elle n'est plus symétrique [3], il y a un excès d'émetteurs de période longue. Les branches A et B (*fig.* 1) représentent la courbe obtenue, C en pointillé est symétrique de A par rapport à un axe vertical passant par le maximum M.

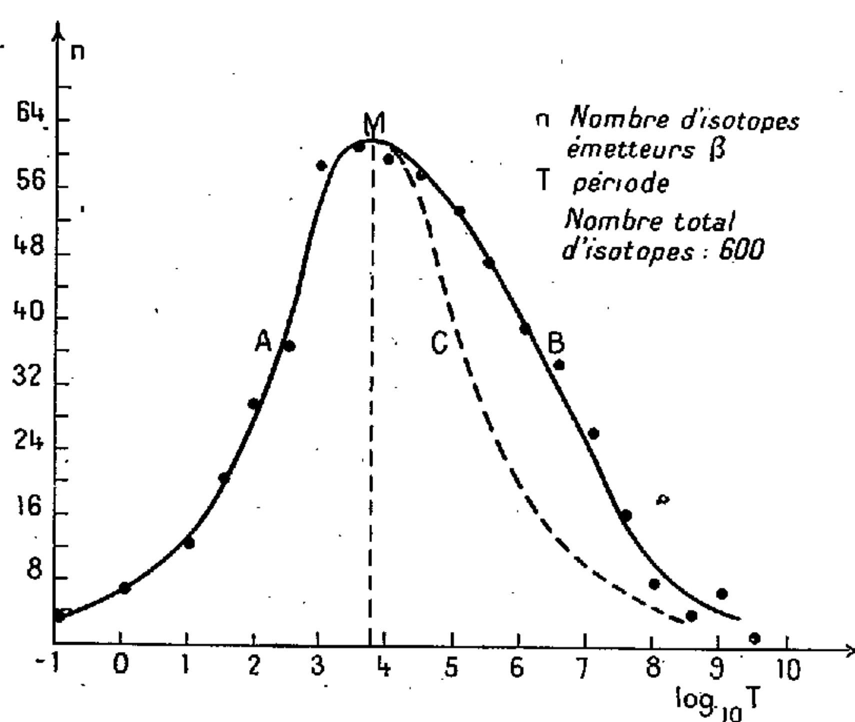


Fig. 1.

En vue de constater si cet excès est dû à une catégorie déterminée d'isotopes, nous avons décomposé la courbe et tracé les graphiques suivants :

n fonction de log T pour les seuls émetteurs β^-;
» » » » β^+;
» » la capture K;
» » la conversion interne;

réunis dans la figure 2 avec la courbe globale portant sur 530 isotopes dont la nature du rayonnement est déterminée avec certitude. Nous observons que les courbes II, III et IV sont symétriques et ont une allure gaussienne; de plus le maximum de période pour la capture K est nettement plus long que M et

(1) R. Grégoire, *Constantes sélectionnées* (*Physique nucléaire*, Paris, 1948).

(2) G. S. Seaborg, *Reviews of Modern Physics*, 20, 1948, p. 585.

(3) M. Nahmias, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 176; R. Grégoire, *Journ. de Phys.*, 1938, p. 419; M. Nahmias, *ibid.*, 1946, p. 266.

correspond à T = 100 heures, soit 4 jours environ. Toutefois ce décalage n'est pas suffisant pour expliquer l'excès de la courbe globale dans sa partie descendante, puisque la courbe I relative à l'émission β^- présente elle-même cette caractéristique.

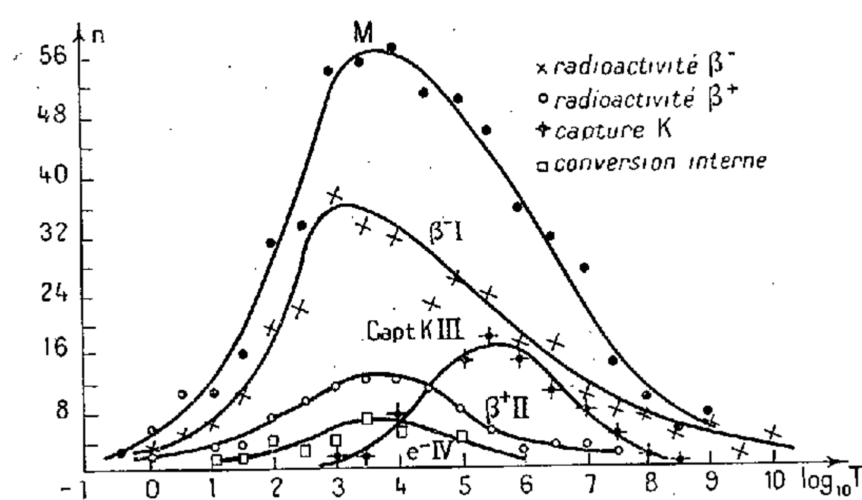


Fig. 2.

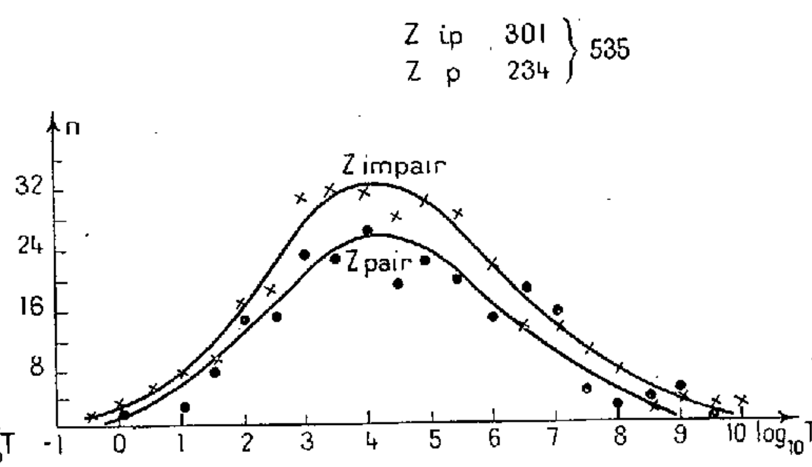


Fig. 3.

Les figures 3 et 4 séparent les noyaux en Z (nombre de protons) pair ou impair (*fig.* 3) et N (nombre de neutrons) également pair ou impair (*fig.* 4). Compte tenu des fluctuations, ces deux séries de courbes se recouvrent presque exactement, ce que l'on peut interpréter comme une confirmation statistique de l'identité du rôle joué dans les noyaux par les protons et les neutrons.

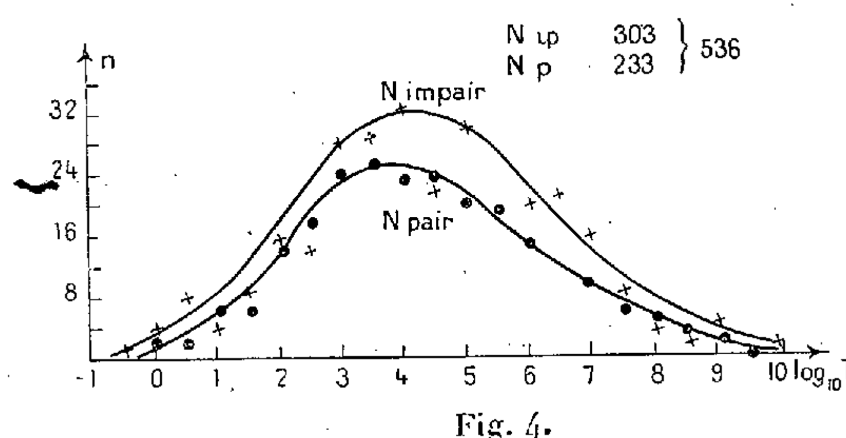


Fig. 4.

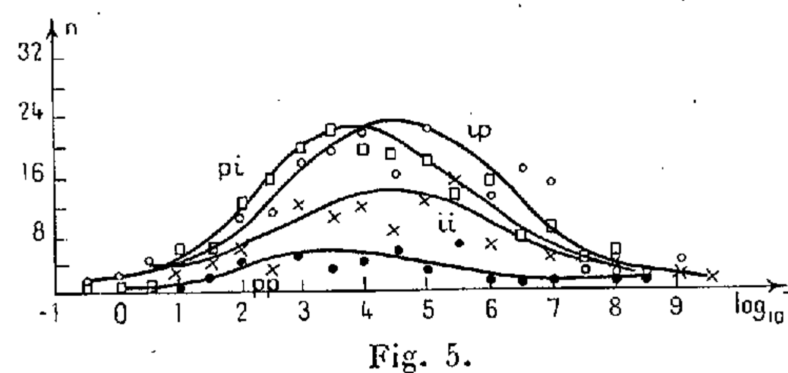


Fig. 5.

La figure 5 décompose la courbe suivant la parité de Z ou N des noyaux, mais le nombre plus faible d'isotopes pour chaque catégorie rend aléatoire le tracé des courbes et leur interprétation offre moins de sûreté dans les conclusions; il semble toutefois exister un décalage du maximum entre les deux catégories *pi* (Max = 3,75, soit T $\sim$ 1 heure) et *ip* (Max = 4,5, soit T $\sim$ 8 heures).

Toutes ces données sont résumées par le tableau à double entrée ci-après.

	β^+.	β^-.	K.	C. I.	
pp	5	33	10	4	52
pi	32	104	32	17	185
ii	20	51	24	12	107
ip	42	114	22	6	184
	99	302	88	39	↘ 530 isotopes

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le mécanisme d'absorption des mésons nucléaires dans les noyaux.* Note (*) de M. **Pierre Cüer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le but de cette Note est de préciser une hypothèse sur l'absorption des mésons π^- dans les noyaux que nous avons formulée au début de 1948 et qui semble toujours compatible avec les nombreux travaux effectués depuis dans ce domaine, bien que d'autres interprétations aient été proposées dans la bibliographie scientifique.

En considérant l'énergie assez importante cédée au noyau par le méson π^- nous supposions que le processus s'effectuait par interaction nucléonique pure sans intervention leptonique (à l'encontre du phénomène d'absorption des mésons μ), ce qui revient à assurer que le méson π^- est un boson. Nous proposions ([1]) un processus d'absorption en deux temps : 1° Un phénomène primaire instantané ($\sim 10^{-22}$ sec) dans lequel π^-, absorbé par un proton, produit un neutron rapide, le recul étant composé d'un nucléon, H^2, H^3, He^4, ou d'un fragment plus massif selon la probabilité de présence dans le volume du noyau (probablement en surface) associé à l'endroit de capture du fait de la dissipation de 140 MeV. 2° Un phénomène secondaire ($\sim 10^{-20}$ sec) au cours duquel le neutron rapide ou le recul, ou ces deux particules, échauffent le noyau résiduel à l'aide de chocs, ce noyau évaporant des particules selon sa nature et son degré d'excitation. Une formule de première approximation valable aux grandes énergies, basée sur un potentiel mésique électrostatique, indiquait l'ordre de grandeur de la perte d'énergie par unité de longueur (matière nucléaire) de ces particules énergétiques.

L'hypothèse dans le cas de reculs lourds (que nous favorisions), reprise par Heidmann et Leprince-Ringuet ([2]), indique un bon accord avec l'expérience avec une faible statistique il est vrai (46 étoiles). L'analyse ultérieure de 200 étoiles par Perkins semble au contraire supposer une émission très fréquente de paires de nucléons. Les calculs de transparence de Perkins sont cependant très approximatifs et cette conclusion n'a pas été définitivement admise par la plupart des auteurs. Effectivement, des résultats américains récents ([3]) basés sur la proportion des protons rapides associés aux étoiles semblent plutôt favoriser un modèle particulier proposé par Tamor ([4]) dans lequel une cellule α se décompose sous l'action du méson

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) P. Cüer, *Colloques Maurice de Broglie*, 1948. Dans le cas des reculs lourds; P. Cüer et M. Morand, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 649.

([2]) J. Heidmann et L. Leprince-Ringuet, *Comptes-rendus*, 226, 1948, p. 1719.

([3]) W. Cheston et L. Goldfarb, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 683.

([4]) S. Tamor, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 412.

en un neutron et un triton Le groupe de Bristol, après une étude extensive du matériel imposant à sa disposition (2500 étoiles), estime tout dernièrement (5) qu'il est nécessaire de formuler une autre hypothèse transformant radicalement le mécanisme primaire. L'énergie de masse du méson π^- serait partagée instantanément entre un certain nombre de nucléons entourant le point d'absorption, ce nombre dépendant étroitement de la structure du noyau. La décision de ces chercheurs est surtout motivée par les résultats afférents aux noyaux lourds de l'émulsion; l'analyse des légers effectuée pour N^{14} et C^{12}, malheureusement avec une très faible statistique, indique en effet que l'émission de deux neutrons rapides est assez fréquente pour l'azote et d'au moins un neutron rapide est assurée pour C^{12}. Le spectre calculé selon l'hypothèse de l'équipartition de l'énergie ne correspond du reste pas selon les auteurs eux-mêmes aux résultats expérimentaux.

L'argumentation principale la plus solide provient du fait que l'excitation de Br Ag est trouvée assez considérable ($\sim$100 MeV), mais que la proportion des protons rapides émis dans les émulsions sensibles aux β est plus faible que celle calculée par Tamor dans son modèle nucléon-nucléon. Aucun de ces arguments ne nous paraît définitif pour les raisons suivantes : 1° Nous avons effectué en collaboration avec L. van Rossum (6) une étude phénoménologique consistant à établir une corrélation entre la distribution du nombre de branches et l'énergie incidente pour des étoiles provoquées par divers modes d'excitation (en général des émulsions de Berkeley exposées à des neutrons de différentes énergies). Cette méthode est très objective, elle est indépendante, d'une part du critère de classification des étoiles, d'autre part de la détermination des charges. Le rapport 3 branches/4 branches des étoiles σ, assez sensible aux environs de 100 MeV, indique un spectre neutronique incident équivalent de $\sim$150 MeV soit $\sim$70 MeV d'excitation dans Br Ag en utilisant les données courantes sur la transparence. Il est donc possible que le modèle de Fujimoto utilisé par Bristol conduise à surestimer nettement l'énergie d'excitation; remarquons que d'autres modèles indiquent des valeurs moindres (7).

Notons cependant que cette énergie est nettement supérieure à celle induite par des neutrons de 80 MeV, ce qui exclut certainement la seule possibilité nucléon-nucléon. Quelques protons de 100 MeV ont du reste été trouvés, ce qui suppose l'émission d'un neutron primaire de $\sim$125 MeV avec un recul de Be^8. Des deutérons, tritons et α d'énergie très supérieure à la température moyenne d'évaporation ont été également détectés.

2° Nous avons trouvé dans les émulsions de Berkeley sensibles aux β une proportion de 10 % seulement de particules de charge $|e|$ avec $E > 25$ MeV

(5) M. G. K. Menon, H. Muirhead et O. Rochat, *Phil. Mag.*, 41, 1950, p. 583.

(6) P. Cüer et L. Van Rossum, *Congrès de Côme* 1949.

(7) Par exemple : W. Horning et L. Baumhoff, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 378.

associées aux étoiles provoquées par des neutrons de $\sim$80 MeV, cette proportion paraissant diminuer pour les éléments légers. Le nombre analogue trouvé pour les étoiles σ suggère une fréquence peu supérieure à un pour les neutrons rapides émis par absorption.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur l'identification des traces finissant dans les émulsions sensibles aux électrons.* Note (*) de MM. **Michel Renardier**, **Hassan Moucharafieh** et **Max Morand**, présentée par M. Jean Cabannes.

La courbe différentielle des longueurs lacunaires pour les traces peu inclinées finissant dans l'émulsion permet une bonne identification des particules lorsque le comptage de grains est impossible. L'extension de la méthode aux traces inclinées est discutée.

L'emploi en Physique nucléaire des émulsions photographiques à haute sensibilité, pour les particules ionisantes, a transformé les conditions d'observation dans les cas où les plaques moins sensibles subissaient déjà une impression. Les traces sont en effet beaucoup plus épaisses et, pour la plupart d'entre elles, le comptage des grains est devenu pratiquement impossible, ces traces se présentant sous forme de traits presque continus. Une observation plus attentive y révèle cependant des lacunes bien définies que nous avons cherché à utiliser pour l'identification des particules. Pour cela, nous avons établi les courbes différentielles des longueurs lacunaires (et non du nombre des lacunes) en fonction du parcours. Pour cette mise en évidence, nous ne nous sommes attachés qu'aux traces peu inclinées par rapport au plan de l'émulsion.

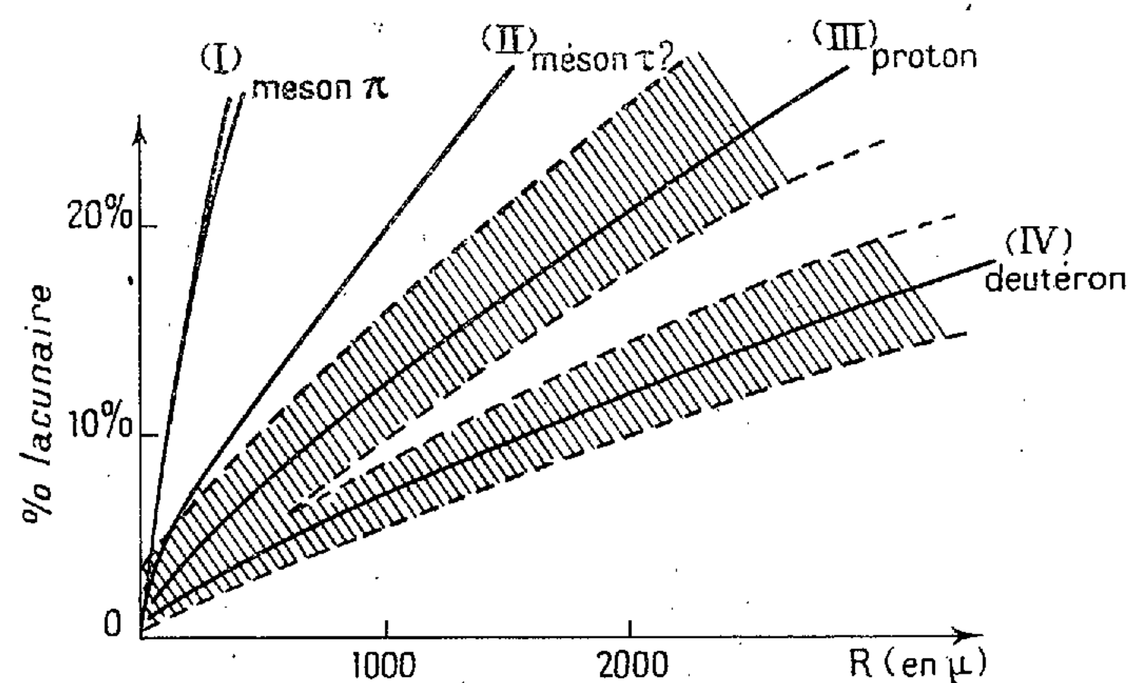
La plaque étudiée (Ilford G_5) avait été soumise au rayonnement cosmique dans une exposition au Jungfraujoch (3469^m) et nos premiers résultats indiquent une proportion des diverses particules en bon accord avec les travaux antérieurs qui procédaient par comptage de grains avec des plaques moins sensibles. Sur 35 traces étudiées, nous avons obtenu avec une très bonne discrimination les quatres courbes suivantes.

La courbe III étant attribuée au proton en raison de sa plus grande fréquence, une affinité dans le rapport des masses, classique pour les courbes de granulation, donne respectivement les masses 307, 1036, 1840 et 2×1840, en supposant les charges identiques. Ce résultat permet déjà de juger favorablement la validité de la méthode.

Cette affinité des courbes, dans le rapport des masses, n'est *a priori*, pas aussi évidente qu'on pourrait le penser. En effet, s'il résulte du comptage des grains *isolés*, que la granulation ne dépend, dans ce cas, que de la vitesse de la particule (à charge égale), cela ne prouve nullement, dans les cas

(*) Séance du 9 octobre 1950.

où les grains forment des amas compacts, que la granulation (c'est-à-dire l'ensemble des amas de grains et des espaces lacunaires) ne doit encore dépendre que de la vitesse de la particule (à charge égale). On peut, en particulier, se demander dans quelle mesure les longueurs lacunaires, surtout quand elles sont extrêmement réduites, dépendent également des irrégularités de structure de la plaque et des fluctuations de développement et de fixage de grains très serrés. Les résultats obtenus prouvent que les émulsions utilisées



sont, à tous points de vue, pratiquement homogènes et que les longueurs lacunaires correspondent, de manière univoque, à la perte spécifique d'énergie subie par la particule. La méthode doit donc être également applicable avec succès, aux traces de noyaux lourds, à nombre de charge élevé, que l'on observe, par exemple, dans le rayonnement cosmique primaire.

L'application de la méthode aux traces notablement inclinées par rapport au plan de l'émulsion présente deux difficultés. En premier lieu, la contraction de la gélatine affecte les lacunes d'une manière compliquée, les grains d'argent ne subissant pas la même contraction. D'autre part les lois de la projection nous font prévoir qu'une lacune trop courte par rapport au diamètre de la colonne d'argent restera ignorée; il y a là matière à correction systématique en fonction de l'inclinaison de la trace soit pour le nombre de lacunes restant visibles, soit pour leur longueur.

Nous sommes heureux de constater que nos résultats sont en bonne concordance avec ceux de Hodgson [1]. Cet auteur a utilisé les courbes intégrales et obtenu entre les diverses particules une discrimination équivalente à la nôtre. Nous restons cependant attachés aux courbes différentielles qui ont l'avantage de donner directement, à charge égale, le rapport des masses et qui ne sont affectées que localement par une irrégularité notable et accidentelle de la plaque en un point de la trajectoire.

---

(1) *Phil. Mag.*, 41, 1950, p. 725.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur l'origine des gerbes de Rossi sous écrans denses épais.* Note (*) de MM. **André Fréon** et **Tsai-Chu**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans une Note précédente, l'un de nous ([1]) a montré que les gerbes que l'on observe sous des épaisseurs de plomb supérieures à 10^{cm}, au delà du maximum des cascades photoélectroniques de la composante molle du rayonnement cosmique dans l'atmosphère, étaient dues essentiellement à des électrons de choc produits, au voisinage de la surface inférieure de l'écran, par la composante pénétrante. La comparaison des effets observés au niveau du sol (altitude 75^{m}) et sous 30^{m} de terre, avait, de plus, conduit à penser que, dans le premier cas, les électrons de choc pouvaient provenir partiellement, en plus de la composante mésonique, de la composante nucléaire du rayonnement pénétrant.

Afin de préciser ce dernier point, nous avons mesuré le coefficient barométrique de ces gerbes, sous 18^{cm}, ainsi que sous 2^{cm} de plomb dans la région du maximum des cascades, au moyen de l'appareillage précédemment décrit ([1]) auquel nous avons adjoint un enregistreur à déroulement continu réalisé à cet effet.

Les résultats obtenus sont les suivants : alors que le coefficient barométrique intégral des mésons, compte tenu de leur loi de distribution angulaire et calculé d'après les résultats expérimentaux de Trumpy et Orlin ([2]), est de $-3,5 \pm 0,5$ % par centimètre de mercure, et que celui de la composante nucléaire, déduit de sa variation avec l'altitude, est de -10 à -12 % ; nous avons observé des coefficients de $-6,25 \pm 0,7$ % sous 18^{cm} de plomb et de $-2,6 \pm 1$ % au maximum des cascades.

Le premier de ces deux chiffres est la moyenne de deux séries d'observations qui ont donné respectivement $-6,39 \pm 1$ et $-6,12 \pm 1$ % par centimètre de mercure. Le second, que l'on savait être de l'ordre de grandeur du coefficient barométrique des mésons, a été recherché avec moins de précision.

La détermination correcte d'un coefficient barométrique exige des observations réparties sur une période d'au moins une année, la corrélation entre les deux variables pression et température changeant de signe de l'été à l'hiver ; nos mesures, échelonnées sur une période de deux mois et demi (mars-mai 1950), ne peuvent nous donner qu'un ordre de grandeur et ne permettent pas, par conséquent, d'évaluer avec précision la contribution qu'apporte la composante nucléaire à l'effet observé. On peut cependant déduire de nos résultats les conséquences suivantes :

(*) Séance du 9 octobre 1950.

([1]) A. Fréon, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2178-2180.

([2]) *Archiv for Math. og. Naturvidenskabern*, **44**, 1941.

a. Le coefficient obtenu sous 2^{cm} de plomb, de l'ordre de grandeur de celui des mésons, montre qu'il s'agit bien, pour les faibles épaisseurs d'écrans, des cascades photoélectroniques de la composante molle, associée à la composante mésonique.

b. Le coefficient obtenu sous 18^{cm} de plomb, intermédiaire entre celui des mésons et celui de la composante nucléaire, confirme que celle-ci joue encore un rôle notable au voisinage du niveau de la mer.

Sur notre demande, MM. Daudin et Carmouze ont effectué, à l'Observatoire du Pic du Midi de Bigorre, altitude 2900^{m}, latitude 46°N, une mesure des gerbes, sous 10^{cm} de plomb, avec la même disposition de compteurs que dans nos expériences. Ils ont observé $1,24 \pm 0,025$ coïncidences par minute, soit $2,58 \pm 0.07$ fois plus que dans nos mesures. Cet accroissement, bien que plus faible que celui que l'on peut déduire des mesures antérieures de Woodward (3) ($3,3 \pm 0,15$), est supérieur à celui de la composante pénétrante totale, mésons et nucléons, ce qui apporte une nouvelle preuve de la contribution partielle de ces derniers, qui augmentent beaucoup plus rapidement avec l'altitude que les mésons.

Compte tenu du fait que l'efficacité relative de production des électrons de choc croît avec l'énergie moyenne du rayonnement lorsqu'il descend dans l'atmosphère, on peut calculer qu'au voisinage du niveau de la mer nos résultats sont compatibles avec une contribution de 10 à 20 % de la composante nucléaire à l'effet observé, valeur sensiblement plus faible que celle, voisine de 50 %, que l'on peut déduire des calculs théoriques de bursts sous écrans épais de Fujimoto, Hayakawa et Yamaguchi (4).

RAYONS COSMIQUES. — *Effets de latitude sur les densités d'étoiles produites, par les rayons cosmiques, dans les émulsions sensibles*. Note de MM. **Max Morand**, **Charles Beets** et **Léon Winand**, présentée par M. Jean Cabannes.

Aucun effet de latitude à 1600^{m}; effet de latitude notable à 4500^{m}, ce qui implique une variation appréciable du libre parcours moyen des nucléons cosmiques produisant les étoiles; essai d'interprétation.

1. Dans des plaques Ilford $C_3 + B$ exposées deux mois, à 1600^{m}, au voisinage de l'équateur géomagnétique (4° de latitude géomagnétique S), la densité des étoiles, dont le nombre de branches est supérieur ou égal à 3, est $2,52 \pm 0,2$ par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Cette densité doit être comparée à la valeur $2,6 \pm 0,3$ que l'on déduit, pour une altitude de 1600^{m},

---

(3) *Physical Review, U. S. A.*, 49, 1936, p. 711.

(4) *Progress of Theoretical Physics*, Japan, 4, n° 2, 1949, p. 233-235.

des observations de M. Jannot et P. Alleno-Ragougnot [1], à la latitude géomagnétique de 49° N (Wengen-Jungfraujoch) : à l'altitude de 1600^m, il n'y a pratiquement aucun effet de latitude sur l'ensemble des étoiles produites, dans une émulsion sensible $C_3 + B$, par les rayons cosmiques.

2. Dans des plaques Ilford $C_3 + B$ exposées deux mois à 4500^m, au voisinage de l'équateur géomagnétique (3° de latitude géomagnétique S), la densité des étoiles (nombre de branches ≥ 3) est $8,25 \pm 0,8$ par centimètre cube d'émulsion vierge et par jour. Cette densité doit être comparée à la valeur $15,5 \pm 1,5$ que l'on déduit, pour une altitude de 4500^m, des observations de M. Jannot et P. Alleno-Ragougnot [1], pour 49° de latitude géomagnétique N : à 4500^m, il y a un effet de latitude sur l'ensemble des étoiles produites, par les rayons cosmiques, dans une émulsion sensible $C_3 + B$. Nous obtenons ainsi un rapport des densités égal à $1,9 \pm 0,4$, en excellent accord avec les valeurs antérieurement publiées [2], et avec la valeur 2,1 obtenue par S. Lattimore [3], entre les Andes et le Jungfraujoch.

3. Les densités d'étoiles obtenues à 4500^m et à 1600^m permettant de calculer, sous l'équateur géomagnétique, la valeur 215^{+42}_{-29} g/cm^2 du libre parcours moyen de la composante cosmique produisant les étoiles observées. Cette valeur est en excellent accord avec celle (210 g/cm^2) qui a été précédemment obtenue par J. A. Simpson Jr et E. Hungerford [4], également au voisinage de l'équateur géomagnétique, en détectant les explosions nucléaires au moyen de chambres à ionisation. Sous la latitude géomagnétique de 49° N, la valeur du libre parcours moyen de la composante cosmique produisant les étoiles, dans les émulsions sensibles du même type, a toujours été trouvée voisine de 150 g/cm^2 [M. Jannot et P. Alleno-Ragougnot [1] : 154^{+27}_{-17}]. Il y a donc un effet de latitude très remarquable sur la valeur du libre parcours moyen de la radiation produisant les étoiles.

4. Pour interpréter l'ensemble des résultats relatifs aux effets de latitude actuellement publiés, nous utilisons les considérations suivantes :

1° L'énergie moyenne des nucléons secondaires et pseudo-primaires produisant les étoiles, observées à basse altitude, sous l'équateur géomagnétique, est supérieure à l'énergie moyenne des nucléons correspondants, produits, par le rayonnement primaire, sous les latitudes géomagnétiques plus élevées; ce fait pourrait se rattacher directement à la coupure du spectre d'énergie des rayons primaires par le champ magnétique terrestre, l'énergie

---

(1) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 102.

(2) C. Beets, M. Morand et L. Winand, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1227; *Bull. Soc. roy. Sc. Liége*, n° 12, 1949, p. 481.

(3) *Phil. Mag.*, 41, 1950, p. 961.

(4) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 847.

moyenne des nucléons primaires étant maximum sous l'équateur géomagnétique.

2° Le libre parcours moyen des nucléons, dans l'air, commence par augmenter, de manière appréciable, avec leur énergie, avant qu'il ne diminue, d'ailleurs très notablement, lorsque leur énergie atteint les valeurs beaucoup plus élevées pour lesquelles la production de mésons réels devient un phénomène très important.

3° On doit également tenir compte de l'augmentation du facteur de multiplication des nucléons secondaires, lorsque l'énergie des nucléons primaires ou pseudo-primaires, qui leur donnent naissance, va en augmentant.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la détermination quantitative de la cristallinité de polyéthylène en fonction de la température.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Trillat**, Mlle **Suzanne Barbezat** et M. **André Delalande**, présentée par M. Louis de Broglie.

On sait que les polyéthylènes $—CH_2—CH_2—CH_2—CH_2—\ldots$ possèdent une structure cristalline que l'on peut mettre en évidence par la diffraction des rayons X et des électrons ([1]). La phase cristalline n'est pas le seul constituant de ces hauts polymères; elle est toujours accompagnée d'une phase amorphe qui subsiste seule au-dessus du *point de fusion* lequel se situe aux environs de 115-120°.

Il est important, pour les applications, de connaître la proportion phase cristalline-phase amorphe, cette proportion jouant en effet un rôle considérable dans les propriétés physiques (indice de réfraction, biréfringence, constante diélectrique, densité, etc.) et mécaniques. Quelques auteurs ont abordé ce problème par des voies différentes ([2]), mais aucune étude quantitative n'a encore été effectuée en fonction de la température.

Si l'on prend un diagramme de rayons X de polyéthylène, on peut admettre, avec Matthews, Peiser et Richards ([2]), que le rapport $[I_A/(I_{(110)}+I_{(200)})=W_A/W_C]$ indique le *degré de cristallinité* de la substance, I_A représentant l'intensité du halo amorphe, $I_{(110)}$ et $I_{(200)}$ les intensités des raies cristallines (110) et (200) (*fig.* 1). Ce rapport est sensiblement égal au rapport poids de la substance amorphe/poids de la substance cristalline.

Nous avons opéré avec un échantillon de polyéthylène de poids moléculaire

(*) Séance du 9 octobre 1950.

([1]) J.-J. Trillat, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1255.

([2]) C. W. Bunn et T. C. Alcock, *Trans. Faraday Soc.*, **41**, 1945, p. 317; C. W. Bunn, *Trans. Faraday Soc.*, **35**, 1939, p. 482; J. L. Matthews, H. S. Peiser et R. B. Richards, *Acta Crystallographica*, **2**, 1949, p. 85; H. C. Raine, R. B. Richards and H. Ryder, *Trans. Faraday Soc.*, **41**, 1945, p. 56.

environ 15000, porté durant l'exposition aux rayons X aux températures 20, 40, 60, 80, 105, 115 et 120 °C. Les clichés ont été microphotométrés à l'aide du microdensitomètre Vassy; les aires représentant les intensités du halo et des raies (110) et (200) sont déterminées en tenant compte du fond continu. On obtient alors la courbe 2 (*fig.* 2), qui donne le pourcentage de la phase amorphe W_A par rapport à W_C la phase cristalline $W_A/(W_A+W_C)$.

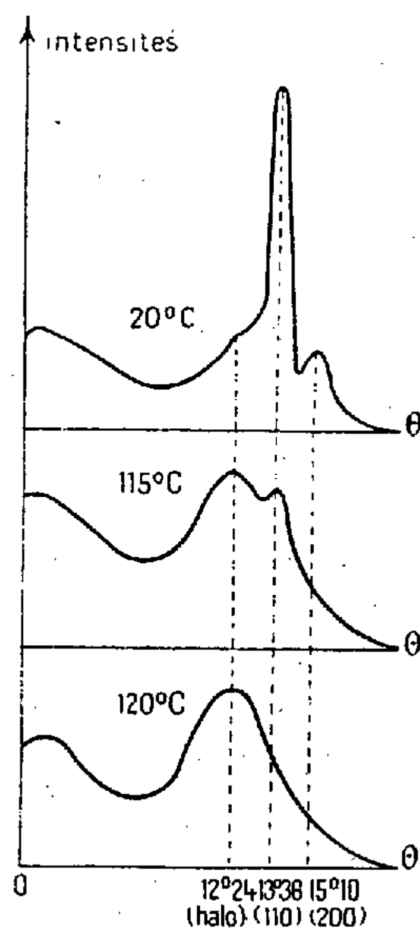


Fig. 1.

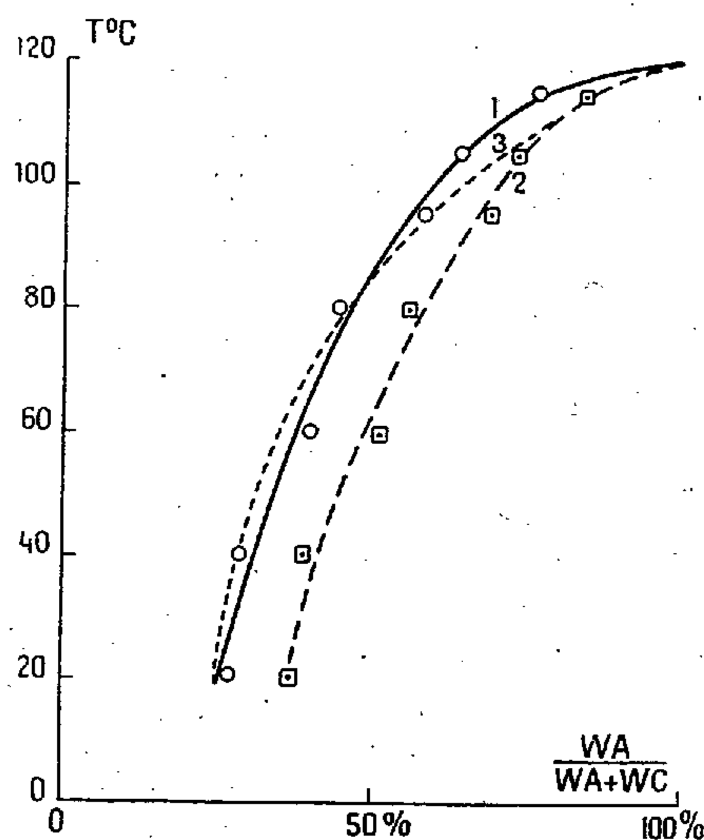


Fig. 2.

Fig. 2. — Pourcentage de polyéthylène amorphe en fonction de la température.
Courbe 1. Obtenue par la méthode des rayons X, après correction. — Courbe 2. Obtenue par rayons X, sans correction. — Courbe 3. Obtenue par Raine, Richards et Ryder.

Il est nécessaire d'introduire des facteurs de correction tenant compte du facteur de structure atomique, de l'angle de diffraction, de l'absorption et de la température; ces calculs sont assez complexes et seront reproduits dans un autre Recueil. Ils conduisent à la courbe 1 (*fig.* 2); la courbe 3 (en pointillé) est celle obtenue par Raine, Richards et Ryder [2] pour un polyéthylène de $P_m = 15.600$, à partir de considérations entièrement différentes faisant intervenir les chaleurs de fusion. On voit que le pourcentage de substance amorphe augmente constamment, quand la température varie de 20 à 120° C. Dès 60°, la variation du contenu amorphe apparaît comme non négligeable; elle est d'autant plus grande que la température est plus élevée.

Au-dessus de 120°, le corps est totalement amorphe; des essais effectués jusqu'à 180° montrent que l'espacement intermoléculaire moyen, calculé d'après la formule de Prins ($d = 5,4$ Å) reste pratiquement inchangé; de plus, on n'observe pas d'élargissement du halo en fonction de la température,

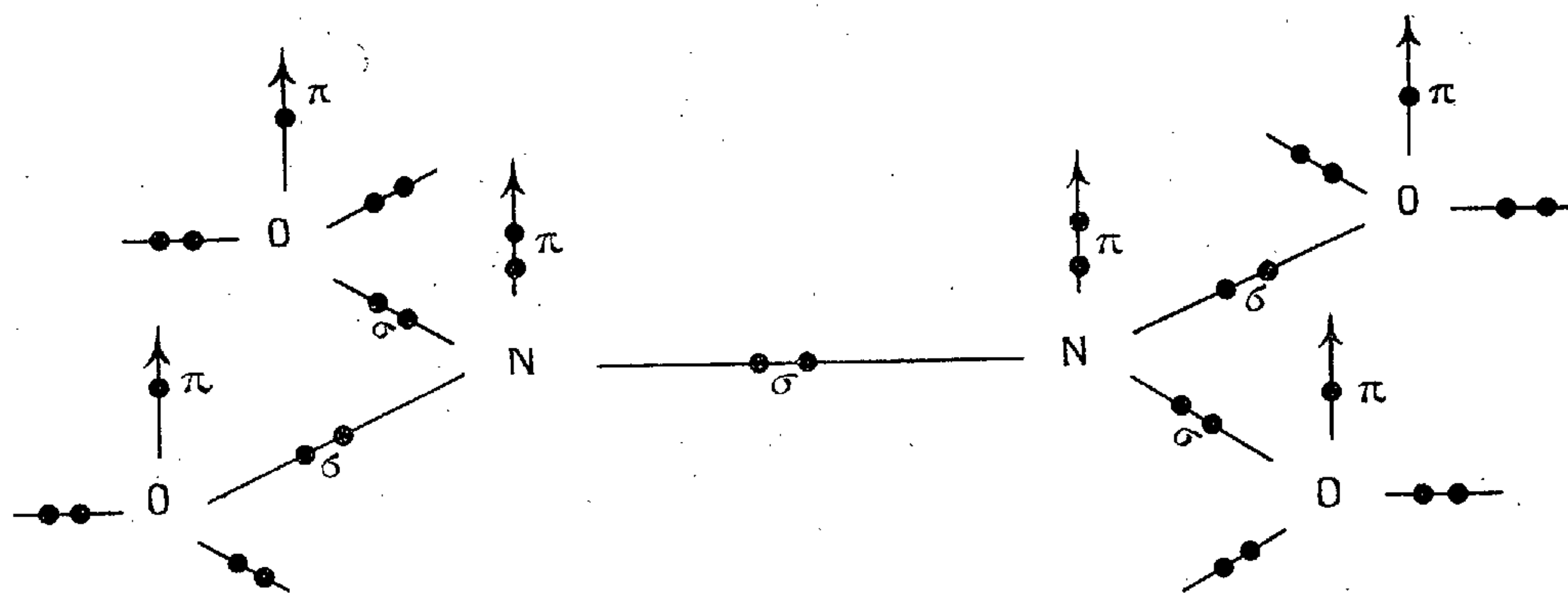
comme on aurait pu s'y attendre. Ceci signifie que les forces de Van der Wals sont suffisantes pour maintenir sensiblement constante la distance moyenne intermoléculaire et empêcher toute augmentation sensible de la dispersion de cette valeur autour de la valeur moyenne.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude théorique de la molécule de peroxyde d'azote* N_2O_4. Note (*) de MM. **Odilon Chalvet** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

La molécule N_2O_4 vient de faire l'objet d'une étude expérimentale au moyen des rayons X (1). Nous étudions ici cette molécule à l'aide des méthodes de la Mécanique ondulatoire et évaluons les charges, les indices de liaison et les distances interatomiques d'une façon purement théorique. Ces résultats sont comparés dans la mesure du possible avec les données théoriques

La figure précise l'organisation électronique admise pour point de départ des calculs.

Les caractéristiques essentielles sont donc les suivantes : N et O dans l'état d'hybridation trigonale sp^2 donnent des angles de valence de 120°; toute la molécule est plane; N apporte deux électrons π comme dans le cas du pyrrole; O apporte un seul électron π.



Les fonctions d'onde ont été évaluées par la méthode des orbitales moléculaires. Une double itération a été effectuée; la première porte sur la chaîne suivante (2) : électronégativité $\rightarrow \alpha \rightarrow$ charge $\rightarrow$ électronégativité $\rightarrow \alpha \rightarrow \ldots$; la seconde porte sur la chaîne ci-après : $\beta \rightarrow$ indice de liaison $\rightarrow$ distance interatomique $\rightarrow \beta \rightarrow \ldots$. Dans le cadre de la seconde itération on admet pour β_{NN} et pour β_{NO} des lois de variation avec la distance analogues à celle obtenue

(*) Séance du 16 octobre 1950.

(1) J. S. Broadley et J. M. Robertson, *Nature*, 164, 1949, p. 915.

(2) A. Laforgue, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 568.

pour β_{CC} ([3]). Pour relation entre distance et indice de liaison on utilise des courbes tracées par Gordy ([4]). On corrige cette relation en tenant compte des termes supplémentaires d'attraction ou de répulsion dus aux charges, à l'aide de constantes de forces évaluées empiriquement ([5]).

Les résultats finaux sont les suivants :

Diagramme des charges et des indices de liaison mobile.

	Distances interatomiques calculées.	Distances interatomiques mesurées.
NO...............	1,205±0,02	1,17±0,03
NN...............	1,58 ±0,04	1,64±0,03

Le point le plus particulier à signaler est relatif à la liaison NN. Son indice de liaison totale 1,164 dépasse celui d'une simple liaison et cependant sa longueur dépasse la longueur de la simple liaison NN. Il nous semble qu'une partie de cet effet est liée à la répulsion coulombienne due aux charges extraordinairement grandes qui s'accumulent sur l'azote.

L'origine de ces charges est le résultat de deux effets convergents ([6]) : l'effet délocalisateur qui tend à donner à chaque atome le même nombre d'électrons π, donc à faire perdre à l'azote une partie de ceux-ci; l'effet électrophile de l'oxygène qui plus, électronégatif que l'azote, tend également à dépouiller ce dernier.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur l'expression analytique des grandeurs de la chimie théorique de quelques dérivés azotés.* Note (*) de M. **René Gouarné**, présentée par M. Louis de Broglie.

Donnons les diagrammes orbitaux ([1]) (état fondamental et premier état excité) des R — $(n-1)$ — polyènes, des R — 1 — R′ — p — polyènes (R et R′ sont azote hétéroatomique ou amine) en admettant les β égaux à l'unité avec $\alpha_C = 0$, $\alpha_N = 1$. Notation : $\beta y_j = \alpha - \varepsilon_j$ niveaux énergétiques; c_{kj} coefficient normé de la $k^{\text{ième}}$ orbitale atomique dans la $j^{\text{ième}}$ orbitale moléculaire. Charges, valences, indices de liaison : q, f, p l'état fondamental et q', f', p' l'état excité.

R — $(n-1)$ — *polyènes à n centres.* — Équation séculaire $0 = P_n + P_{n-1}$

([3]) R. S. Mulliken, *J. Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 712.
([4]) *J. Chim. Phys.*, **15**, 1947, p. 305.
([5]) W. Gordy, *J. Chim. Phys.*, **14**, 1946, p. 305.
([6]) *Voir* par exemple, C. Sandorfy, *Bull. Soc. Chim. France*, **16**, 1949, p. 615.

(*) Séance du 18 septembre 1950.
([1]) C. A. Coulson, *Proc. Roy. Soc.*, **191**, 1947, p. 40.

(P_n polynome électrosphérique de degré n) [2]

$$y_j = 2\cos 4(n+1-j)\nu\pi, \qquad c_{kj} = 2\sqrt{2\nu}\sin 2k(2j-1)\nu\pi, \qquad \nu(4n+2)=1.$$

a. n pair n électrons π (N — 1 — polyènes) [3] :

$$q_k = 4n\nu + 2(-1)^k\nu\cos 2k\nu\pi, \qquad q'_k = 4n\nu + 2(-1)^k\nu\cos 8k\nu\pi\sec 2k\nu\pi,$$
$$\Delta q_k = -8(-1)^k\nu\sin 4k\nu\pi\sin 2k\nu\pi, \qquad p_{k,k+1} = 2\nu[\operatorname{cosec}\nu\pi + (-1)^{k-1}\operatorname{cosec}(2k+1)\nu\pi],$$
$$p'_{k,k+1} = 2\nu[\operatorname{cosec}\nu\pi\cos 4\nu\pi + (-1)^{k-1}\operatorname{cosec}(2k+1)\nu\pi\cos 4(2k+1)\nu\pi],$$
$$\Delta p_{k,k+1} = -8\nu[\sin 2\nu\pi\cos\nu\pi + (-1)^{k-1}\sin 2(2k+1)\nu\pi\cos(2k+1)\nu\pi] \text{ du signe de } (-1)^k,$$
$$\Delta f_k = 16\nu\sin 2\nu\pi\cos\nu\pi - 8\nu(-1)^k[\sin 3\nu\pi\cos 6k\nu\pi + \sin\nu\pi\cos 2k\nu\pi] > 0,$$
$$\Delta f_n = 8\nu[\sin 2\nu\pi\cos\nu\pi - \sin 4\nu\pi\sin 2\nu\pi], \qquad \Delta f_1 + \ldots + \Delta f_n = 16n\nu\sin 2\nu\pi\cos\nu\pi.$$

a'. n pair $n+1$ électrons π (1 — amino — polyényle) :

$$q_k = 1 + 2\nu - 2(-1)^k\nu\cos 4k\nu\pi\sec 2k\nu\pi,$$
$$q'_k = 1 + 2\nu + 2(-1)^k\nu\sec 2k\nu\pi - 4(-1)^k\nu\cos 10k\nu\pi,$$
$$\Delta q_k = 8(-1)^k\nu\sin 6k\nu\pi\sin 4k\nu\pi.$$
$$p_{k,k+1} = 2\nu[\cos 2\nu\pi\operatorname{cosec}\nu\pi + (-1)^{k-1}\cos 2(2k+1)\nu\pi\operatorname{cosec}(2k+1)\nu\pi],$$
$$p'_{k,k+1} = 2\nu[\operatorname{cosec}\nu\pi + (-1)^{k-1}\operatorname{cosec}(2k+1)\nu\pi] - 4\nu[\sin 5\nu\pi + (-1)^{k-1}\sin 5(2k+1)\nu\pi],$$
$$\Delta p_{k,k+1} = -8\nu[\sin 2\nu\pi\cos 3\nu\pi + (-1)^{k-1}\sin 2(2k+1)\nu\pi\cos 3(2k+1)\nu\pi],$$
$$\Delta f_k = 16\nu[\sin 5\nu\pi\sin^2 10kn\nu\pi - \sin\nu\pi\sin^2 2kn\nu\pi],$$
$$\Delta f_n = 8\nu\sin 2\nu\pi[\cos 3\nu\pi - \sin 6\nu\pi] > 0, \qquad \Delta f_1 + \ldots + \Delta f_n = 16n\nu\sin 2\nu\pi\cos 3\nu\pi > 0.$$

b. n impair n électrons π (N — 1 — polyényle). (Δp et Δf comme en *a*) :

$$q_k = 4n\nu + 2\nu(-1)^k\cos 4k\nu\pi\sec 2k\nu\pi,$$
$$q'_k = 4n\nu + 4\nu(-1)^k\operatorname{cosec} 4k\nu\pi[\sin 6k\nu\pi - \sin 4k\nu\pi\cos 6k\nu\pi],$$
$$\Delta q_k = 8\nu(-1)^k\sin 2k\nu\pi\sin 4k\nu\pi,$$
$$p_{k,k+1} = 4\nu[\cos\nu\pi\cot 2\nu\pi + (-1)^{k-1}\cos(2k+1)\nu\pi\cot 2(2k+1)\nu\pi].$$

b'. n impair, $n+1$ électrons π (1-amino-polyène) (Δq, Δp et Δf comme en *b*) :

$$q_k = 1 + 2\nu - 2\nu(-1)^k\sec 2k\nu\pi, \qquad q'_k = 1 + 2\nu - 2(-1)^k\nu\sec 2k\nu\pi\cos 8k\nu\pi,$$
$$p_{k,k+1} = 2\nu[\operatorname{cosec}\nu\pi + (-1)^{k-1}\operatorname{cosec}(2k+1)\nu\pi],$$
$$p'_{k,k+1} = 2\nu\Big[\cos 4\nu\pi[\operatorname{cosec}\nu\pi + (-1)^{k-1}\cos 4(2k+1)\nu\pi]\operatorname{cosec}(2k+1)\nu\pi\Big].$$

R — 1 — R' —*p-polyènes à n = p + 2 centres*. Équation séculaire :

$$0 = (y+2)P_{n-1} \qquad c_{k,1} = \sqrt{2\omega}, \qquad 2n\omega = 1$$
$$y_j = 2\cos 2(n+1-j)\omega\pi, \qquad c_{k,j} = 2\sqrt{\omega}\cos(2k-1)(j-1)\omega\pi \qquad \text{pour} \quad 1 < j \leq n,$$

a. n pair, n électrons π (N — 1 — N — p-polyènes) :

$$q_k = 1 - 2\omega - 2(-1)^k\omega\cot(2k-1)\omega\pi,$$
$$q'_k = 1 - 2\omega - 2(-1)^k\omega\cot(2k-1)\omega\pi\cos 2(2k-1)\omega\pi,$$
$$\Delta q_k = 2(-1)^k\omega\sin 2(2k-1)\omega\pi, \qquad p_{k,k+1} = 2\omega[\cot\omega\pi - \cos k\pi],$$
$$p'_{k,k+1} = 2\omega[\cot\omega\pi\cos 2\omega\pi - \cos k\pi\cos 4k\omega\pi],$$
$$\Delta p_{k,k+1} = -2\omega[\sin 2\omega\pi + \cos k\pi(\cos 4k\omega\pi - 1)],$$
$$\Delta f_k = 4\omega\sin 2\omega\pi[1 - \cos k\pi\sin 2(2k-1)\omega\pi] \qquad \text{pour} \quad 1 < k < n,$$
$$\Delta f_1 = \Delta f_n = 2\omega\sin 2\omega\pi[1 + 2\sin 2\omega\pi], \qquad \Delta f_1 + \ldots + \Delta f_n = 4(n-1)\omega\sin 2\omega\pi.$$

---

(2) C. A. COULSON, *Proc. Roy. Soc.*, **169**, 1938, p. 420.

(3) YVAN et GOUARNÉ, *Comptes rendus*, **225**, 1949, p. 1345-1347.

a'. n pair, $n+1$ électrons π ($\Delta f_1+\ldots+\Delta f_n$ les mêmes qu'en a) :

$$q_k=1-2(-1)^k w\cot(2k-1)w\pi,\qquad q'_k=1-2(-1)^k w\cot(2k-1)w\pi\cos 2(2k-1)w\pi,$$
$$\Delta q_k=2(-1)^k w\sin 2(2k-1)w\pi,\qquad p_{k,k+1}=2w\cot w\pi,$$
$$p'_{k,k+1}=2w\cot w\pi\cos 2w\pi-2w\cos k\pi+2w\cos k\pi\cos 4kw\pi,$$
$$\Delta p_{k,k+1}=-2w\cos k\pi+2w\cos k\pi\cos 4kw\pi-2w\sin 2w\pi,$$
$$\Delta f_k=4w\sin 2w\pi[1+\cos k\pi\sin 2(2k-1)w\pi]\quad\text{pour}\quad 1<k<n,$$
$$\Delta f_1=\Delta f_n=2w\sin 2w\pi[1-2\sin 2w\pi].$$

a'' n pair, $n+2$ électrons π ($1-p$-diamino-polyène à $n=p+2$ centres) (Δq, Δp, Δf, comme en a) :

$$q_k=1+2w-2(-1)^k w\cot(2k-1)w\pi,$$
$$q'_k=1+2w-2(-1)^k w\cos 2(2k-1)w\pi\cot(2k-1)w\pi,$$
$$p_{k,k+1}=2w[\cos k\pi+\cot w\pi],$$
$$p'_{k,k+1}=2w[\cot w\pi\cos 2w\pi+\cos k\pi\cos 4kw\pi],$$

b. n impair, n électrons π :

$$q_k=1-2w-2(-1)^k w\cos(2k-1)w\pi\cot(2k-1)w\pi,$$
$$\Delta q_k=4(-1)^k w\sin(2k-1)w\pi,$$
$$p_{k,k+1}=2w\cos w\pi\cot w\pi-2(-1)^k w\cos 2kw\pi,\qquad \Delta p_{k,k+1}=-4w\sin w\pi,$$
$$\Delta f_k=8w\sin w\pi,\qquad \Delta f_1=\Delta f_n=4w\sin w\pi,\qquad \Delta f_1+\ldots+\Delta f_n=8(n-1)w\sin w\pi.$$

b'. n impair, $n+1$ électrons π (Δq, Δp, Δf sont les mêmes qu'en b) :

$$q_k=1-2(-1)^k w\,\mathrm{cosec}(2k-1)w\pi,$$
$$q'_k=1-2(-1)^k w\,\mathrm{cosec}(2k-1)w\pi\cos 2(2k-1)w\pi,$$
$$p_{k,k+1}=2w\,\mathrm{cosec}\,w\pi,\qquad p'_{k,k+1}=2w\,\mathrm{cosec}\,w\pi\cos 2w\pi.$$

b''. n impair, $n+2$ électrons π :

$$q_k=1+2w-2(-1)^k w\cos(2k-1)w\pi\cot(2k-1)w\pi,$$
$$q'_k=1+2w-2(-1)^k w\,\mathrm{cosec}(2k-1)w\pi+2(-1)^k w\sin 3(2k-1)w\pi,$$
$$\Delta q_k=4(-1)^k w\sin(2k-1)w\pi\cos 2(2k-1)w\pi,$$
$$p_{k,k+1}=2w\cos w\pi\cot w\pi+2w\cos k\pi\cos 2kw\pi,$$
$$p'_{k,k+1}=2w\,\mathrm{cosec}\,w\pi-2w\sin 3w\pi+2w\cos k\pi\cos 6kw\pi,$$
$$\Delta p_{k,k+1}=-4w\sin w\pi\cos 2w\pi-4w\cos k\pi\sin 4kw\pi\sin 2kw\pi,$$
$$\Delta f_k=4w\sin 3w\pi[1+\cos k\pi\sin 3(2k-1)w\pi]-4w\sin w\pi[1+\cos k\pi\sin(2k-1)w\pi],$$
$$\Delta f_1=\Delta f_n=4w\sin w\pi\cos 2w\pi-4w\sin 4w\pi\sin 2w\pi,$$
$$\Delta f_1+\ldots+\Delta f_n=8(n-1)w\sin w\pi\cos 2w\pi.$$

CHIMIE MINÉRALE. — *La diffusion centrale des rayons X produite par quelques colloïdes minéraux.* Note (*) de MM. **Henry Brusset** et **Tivadar Kikindai**, présentée par M. Paul Pascal.

La diffusion centrale des rayons X est un procédé d'étude de substances divisées. On l'a systématiquement appliqué aux colloïdes minéraux et ici sont indiqués un groupe de résultats obtenus par cette méthode.

Nous avons appliqué l'analyse de la diffusion centrale des rayons X à l'étude de quelques corps colloïdaux. Ainsi, nous avons étudié les corps colloïdaux

(*) Séance du 16 octobre 1950.

suivants : ZnO, gel de $Zn(OH)_2$, CuS, Se, MgO; Al_2O_3, Ag colloïdal C de Lea, As_3S_5 et SO_4Ba. La courbe (log I, ε^2)$_4$ a été souvent une droite, au moins pour les petits angles, et nous avons pu obtenir des résultats quantitatifs sur la taille de quelques-uns de ces colloïdes. Nous avons aussi établi l'état colloïdal pris dans certaines conditions par quelques-unes de ces substances.

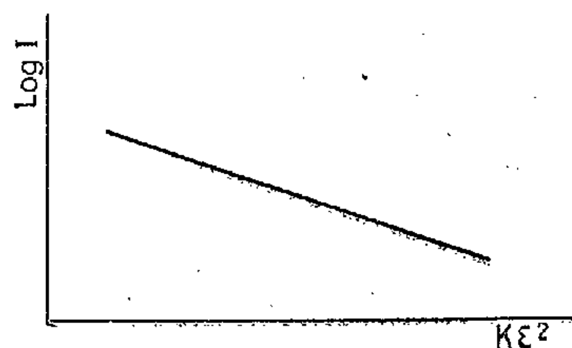
1° *Hydroxyde de zinc, oxyde de zinc.* — Le gel d'hydroxyde de zinc a été préparé à partir d'une solution 0,01 du nitrate; le précipité a été obtenu par l'ammoniaque.

Si l'on précipite, à partir d'un sel de zinc, l'hydroxyde de zinc par l'ammoniaque, la constitution du précipité varie sensiblement selon la quantité du réactif.

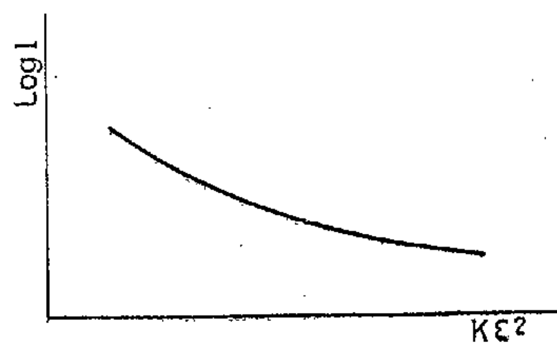
La précipitation a été faite dans les conditions convenant à l'obtention d'un gel d'hydroxyde de zinc pur.

Le rayon de giration de la particule, calculé par la pente de la droite log I, ε^2 est de 66,4 Å, ce qui correspond au diamètre d'une sphère de 171,4 Å.

La courbe caractéristique (log I, ε^2) d'un échantillon d'oxyde de zinc obtenu par calcination du gel d'hydroxyde n'est pas rectiligne.



La « droite caractéristique » du gel.



La « courbe caractéristique » de l'oxyde calciné.

2° *Sulfure de cuivre* préparé par action d'hydrogène sulfuré dans une solution de sulfate de cuivre à la température ordinaire.

Les solutions colloïdales obtenues ne donnent pas de diffusion à cause de leur faible concentration. Le sulfure de cuivre floculé à partir d'une solution plus concentrée donne une faible diffusion qui est la limite du pouvoir de résolution de notre chambre de diffraction. Par comparaison avec un cliché à vide, nous pouvons observer que la diffusion obtenue n'est pas une diffusion parasite. (Elle correspond à la diffusion créée par des sphères ayant un diamètre de 200 à 250 Å.)

3° *Sélénium colloïdal* préparé par décomposition d'une solution de $SeSO_3Na_2$ à l'aide d'acide chlorhydrique. (La réaction est identique à la décomposition de $S_2O_3Na_2$ par un acide).

Les solutions colloïdales diluées sont très stables, mais ne donnent pas de diffusion à cause de leur faible teneur en particules colloïdales.

Le colloïde floculé donne une très faible diffusion, qui s'étend jusqu'à un angle $\varepsilon = 1,4.10^{-2}$ sur un cliché obtenu avec un temps de pose de 3 heures.

4° Nous avons pu mettre en évidence l'extrême division de l'oxyde MgO, provenant de la fumée de magnésium. La courbe caractéristique (log I, ε^2) présente à peu près deux bandes rectilignes, formant un angle largement ouvert. Il est donc légitime, dans ce cas, de l'assimiler à la résultante de deux caractéristiques droites provenant chacune d'un lot de particules analogues. En déduisant de la caractéristique totale la part revenant à la caractéristique droite de faible pente, on fait apparaître une autre composante rectiligne et les rayons associés de chacune sont respectivement 81,9 Å et 90,7 Å, ce qui traduit un mélange comprenant essentiellement deux groupes de particules. Si l'on admet que les particules sont assimilables à des sphères (elles sont en effet souvent cubiques), on obtient des diamètres de 212 et 236 Å.

5° L'oxyde d'aluminium obtenu par calcination d'un grand cristal de nitrate d'aluminium se présente sous un état colloïdal également caractérisable par cette méthode comme un système polydispersé.

6° L'argent colloïdal de Lea C donne aussi une faible diffusion.

7° et 8° S_5As_2 et SO_4Ba colloïdaux n'ont pas donné de diffusion avec le rayonnement CuK_α à cause de la très grande absorption par les atomes d'arsenic et de baryum.

CHIMIE MINÉRALE. — *Évolution de l'acide nitreux au contact de l'air.* Note (*) de MM. **François-Michel Lang** et **Gabriel Aunis**, présentée par M. Louis Hackspill.

Les phénomènes déterminant la vitesse de l'évolution de l'acide nitreux en solution agitée et à l'air libre, sont principalement de nature physique; le rapport des constantes de vitesse pour des béchers de diamètres différents ne dépend ni de la concentration en NO_2H, ni de la vitesse d'agitation.

Depuis plus d'un siècle les chimistes ont constaté l'instabilité des solutions aqueuses d'acide nitreux, mais il est curieux de constater combien les résultats et leur interprétation diffèrent suivant les auteurs. Sans entrer dans les détails bibliographiques (1), nous observerons simplement que la vitesse de la réaction semble bien s'approcher du premier ordre chaque fois que la solution a été soumise à un traitement permettant une vive élimination des gaz formés [par un courant d'azote par exemple (2)], tandis que l'on a observé le troisième et même le quatrième ordre en vase fermé (3).

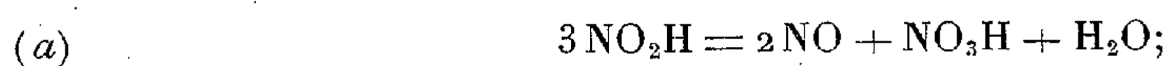
(*) Séance du 16 octobre 1950.

(1) Nous pensons publier prochainement une Note plus détaillée.

(2) Liebmann, *Beiträge zur Kenntnis der salpetrigen Säure, Diss., Dresden,* 1914. A. Klemenc et F. Pollak, *Zeit. Phys. Chem.*, **101**, 1922, p. 150-171.

(3) Abel et Schmidt, *Zeit. Phys. Chem.*, **132**, 1928, p. 55.

La réaction globale en vase fermé ([3]) répondrait à l'équation



(a) $$3\,NO_2H = 2\,NO + NO_3H + H_2O;$$

mais sous un courant d'azote il n'en est plus de même et l'on peut observer un dégagement de N_2O_3 provenant de la décomposition partielle de l'acide nitreux suivant le schéma ([2]) :



(b) $$2\,NO_2H = N_2O_3 + H_2O.$$

Nous avons cherché à préciser le mécanisme de la réaction correspondant à l'évolution de l'acide nitreux à l'air libre. La vitesse du phénomène devient très rapide si l'on dépasse la concentration N/10; aussi avons-nous employé la méthode de dosage semi-microanalytique par iodométrie ([4]) pour pouvoir ainsi explorer l'intervalle de concentrations compris entre N/10 et N/1000. Nous avons dosé l'acidité totale par la méthode alcalimétrique à l'iodéosine et calculé l'acide nitrique par différence ([5]).

Nous avons opéré avec une série de vases ouverts de diamètres différents. Les solutions au repos ne sont pas homogènes; des prises faites à différentes profondeurs du liquide ne donnent pas les mêmes résultats. Nous avons donc été amenés à agiter le milieu et nous avons pu ainsi observer :

a. Qu'*à la condition que le vase soit largement ouvert, la chute du taux d'acide nitreux x suit bien une loi exponentielle $x = ae^{-t/\theta}$*, θ étant une constante définissant l'inverse de la vitesse de la réaction.

b. Si l'on compare les θ pour deux béchers de diamètres différents, d_1 et d_2, le rapport θ_1/θ_2 ne dépend pas de la concentration en NO_2H ni de la vitesse d'agitation, pourvu qu'on conserve constantes les autres conditions opératoires (volume du liquide, température, etc.).

θ_1, constante de vitesse dans un bécher de diamètre 85mm;
θ_2, constante de vitesse dans un bécher de diamètre 105mm;
R_1, rapport moléculaire (NO_3H formé/NO_2H disparu) en fin de réaction dans un bécher de diamètre 85mm.
R_2, même rapport dans un bécher de diamètre 105mm.

Concentration en NO_2H.	Agitation 500 t/min θ_1.	R_1.	θ_2.	R_2.	$\frac{\theta_1}{\theta_2}$.	Agitation 1000 t/min θ_1.	R_1.	θ_2.	R_2.	$\frac{\theta_1}{\theta_2}$.
N/1000...	220	0,21	131	0,14	1,68	90	0,14	52	0,14	1,73
N/100....	66	0,44	38	0,31	1,74	36	0,28	20	0,22	1,80
N/10.....	54	0,38	30	0,33	1,80	17	0,41	9,8	0,33	1,74

Ceci montre bien la nature principalement physique des phénomènes déterminant la vitesse de l'évolution de l'acide nitreux en solution agitée et à l'air libre (même

([4]) F.-M. Lang, et G. Aunis, *Chimie analytique*, 32, 1950, p. 139.
([5]) F. Mylius et F. Förster, *Berichte*, 24, 1891, p. 482.

phénomène par passage d'un courant rapide de gaz inerte, azote par exemple). Quand on élimine à chaque instant les gaz formés, la disparition de NO_2H suit une loi exponentielle décroissante semblable à celle du dégagement des gaz hors des solutions (Loi de Bohr. Théorie de la diffusion de Nernst) ([6]).

Les phénomènes chimiques qui accompagnent le dégagement gazeux sont cependant de nature bien différente suivant les conditions expérimentales, puisque le rapport $R = (NO_3H$ formé/NO_2H disparu) en fin de réaction a varié de 0,14 à 0,44, tandis que, d'après l'équation (a), il aurait dû être égal à 0,33. Les valeurs plus faibles s'expliquent par une évaporation à l'état de N_2O_3 ([2]); les valeurs plus fortes s'expliquent par une oxydation de NO formé; elles ne se produisent pas en l'absence d'oxygène. Mais cette oxydation étant très rapide et ne changeant pas le taux de NO_2H à chaque instant ([7]), la loi de disparition de NO_2H n'est pas modifiée. Par acidification du milieu on observe un accroissement de vitesse qui peut provenir du recul de l'ionisation (surtout pour les faibles concentrations nitreuses) et aussi de la diminution de solubilité des gaz dans la solution (même effet par addition d'un sel).

MÉTALLOGRAPHIE. — *Réactions se produisant par écrouissage et revenu dans les aciers* 18/8 *à bas carbone*. Note (*) de MM. **Paul Bastien** et **Jacques Dedieu**, présentée par M. Albert Portevin.

Les aciers de la famille à 18 % de chrome et 8 % de nickel (connus sous le nom d'aciers 18/8), complètement austénitiques par hypertrempe à partir de 1150°C, peuvent se diviser en deux groupes : ceux du premier, dits *stables*, acquièrent, par déformation plastique à froid, les caractères de l'austénite écrouie; ceux du second, dits *instables*, subissent une transformation $\gamma \rightarrow \alpha$ d'ampleur croissante avec l'importance de l'écrouissage.

Nous avons en étude une gamme d'aciers 18/8 à basse teneur en carbone et à teneur échelonnées de 4 à 12 % de nickel, dans laquelle nous déterminons notamment la proportion de phase α formée par étirage à froid en utilisant des méthodes magnétiques ([1]) et les rayons X. Ceci nous a permis de mettre en évidence les comportements *complètement différents* d'aciers de compositions voisines et de souligner l'importance de l'influence gammagène prépondérante du nickel qui tend à s'opposer à la formation de la phase α; c'est ainsi que l'on a :

([6]) Findlay et King, *J. Chem. Soc.*, **103**, 1913, p. 1170.

([7]) Reinders et Vlès, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, **44**, 1925, p. 1.

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) En combinant les résultats obtenus avec l'appareil Kulin-Cohen du M. I. T. (U. S. A), avec ceux d'une balance magnétique construite par nos soins.

Acier.	Composition chimique.	Taux d'écrouissage (%).	Pourcentage de phase α formée (%).
I............	C = 0,035 %, Cr = 18,3 % Ni = 10 , Mo = 0	70	0
II............	C = 0,040 , Cr = 17,8 Ni = 9 , Mo = 0	70	80

Bien que l'acier I ait par rapport à l'acier II un peu moins de carbone et un peu plus de chrome, ce qui devrait favoriser la formation de la phase α, un accroissement de 1 % de la teneur en nickel suffit à provoquer le passage de l'instabilité quasi totale, puisque l'acier II est presque complètement transformé, à la stabilité complète (*fig.* 1).

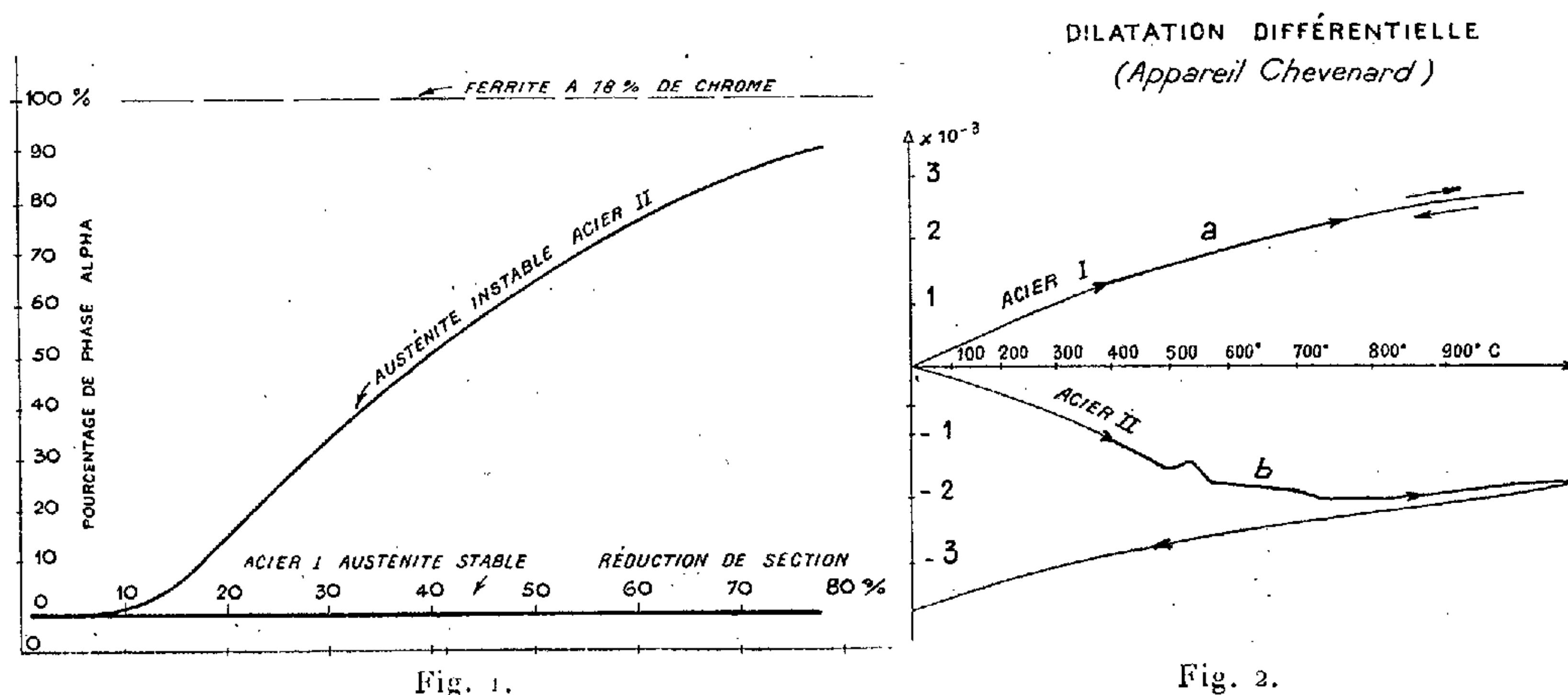


Fig. 1.

Fig. 2.

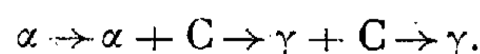
D'une manière générale, nous avons constaté que les austénites stables durcissent moins par écrouissage que les austénites instables : nos essais conduisent à attribuer à la phase alpha déposée par écrouissage une dureté de 515 Vickers.

La maille de la phase ferromagnétique de l'acier II est cubique à corps centré ($a = 2{,}86\,\mathrm{KX}$). Une suspension de magnétite dans l'alcool sur un échantillon poli soumis à un champ magnétique alterné nous a permis de la déceler en dispersion fine dans les bandes de glissement.

Étude du revenu après écrouissage. — Si l'on excepte la précipitation des carbures dans les joints des cristaux et dans les bandes de glissements, le revenu des austénites stables ne semble pas donner lieu à d'autres observations : courbe de dilatation monotone (courbe *a* de la figure 2), pas d'apparition du magnétisme fort.

Au contraire, l'étude dilatométrique du revenu des austénites instables écrouies met en évidence un comportement complexe (courbe *b* de la figure 2 relative au revenu de l'acier II écroui à 77 %). L'analyse des documents

dilatométriques et thermomagnétiques, ainsi que la micrographie, conduisent à la conclusion que, pour cet acier, le revenu s'accompagne, à partir de 510° environ, d'une précipitation globulaire, très fine, abondante et dispersée, d'une phase C à caractère de carbures, puis que, de 530 à 580°, on passe progressivement à une structure austénitique, avec disparition du magnétisme fort, structure dans laquelle la phase C se redissout progressivement, sans coalescence, vers 750-800° C. De telle sorte que l'on a la succession



$$\alpha \to \alpha + C \to \gamma + C \to \gamma.$$

Toutefois, après ou pendant la précipitation de la phase C, présumée de carbures, le revenu peut, dans certains cas, provoquer une *réaction complémentaire*. C'est ainsi que dans l'acier II écroui à 77 %, soumis à un revenu de 24 heures à 560°, puis trempé à l'eau pour maintenir à la température ambiante l'état provoqué par le revenu, les rayons X ont décelé l'apparition de raies nouvelles.

Les distances réticulaires attribuables à la nouvelle phase coïncident de façon satisfaisante avec certaines de celles trouvées par A. Andersen et E. Jette [2], ainsi que par P. Payson et C. Savage [3] pour la phase sigma.

L'ensemble de ces résultats montre donc : *a*. la possibilité de provoquer, *avec une très forte ampleur*, à la température ordinaire et par écrouissage, des transformations $\gamma \to \alpha$, qui ne se produisent pas, ou se produisent seulement très partiellement, par refroidissement en dessous de la température ambiante; *b*. l'éventuelle formation de *phase sigma* lors du revenu d'un acier 18/8 à bas carbone écroui.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles recherches sur la déshalogénation des chloro-2 cyclanones (réaction de Faworsky)*. Note (*) de MM. **Max Mousseron**, **Robert Jacquier** et **André Fontaine**, présentée par M. Marcel Delépine.

Quelques nouveaux exemples de déshalogénation des chloro-2 cyclanones ont été étudiés, conduisant soit à une réaction de métathèse, soit à une régression de cycle. L'isomérisation des alcoxy-1 époxy-1.2 cyclohexanes est également accompagnée d'une régression.

Étude de l'influence du milieu. — L'action de CH_3ONa (2,5 fois la quantité théorique) à 0° sur la chloro-2 cyclohexanone (I) en solution dans CH_3OH, suivie de douze heures de contact à la température ambiante, donne naissance à 50-55 % de méthoxy-1 époxy-1.2 cyclohexane (II) et à 40-45 % d'acide cyclopentanecarboxylique (III) [1]. Avec CH_3ONa en suspension dans l'éther

(2) *Amer. Soc. Metals*, **24**, 1936, p. 375.
(3) *Amer. Soc. Metals*, **39**, 1947, p. 404.

(*) Séance du 16 octobre 1950.
(1) Mousseron et Jacquier, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 374.

anhydre ou l'éther de pétrole, le rendement en (III) ne varie pratiquement pas; on n'isole par contre que 10 et 30 % respectivement de (II), qui dans ce cas se transforme rapidement en dérivé dioxannique (IV) F 162° ([2]); il y a en outre formation de l'acétal instable de la cyclohexanol-2 one-1 (V).

Par addition de potasse solide et sèche (2,5 moles en excès) dans une solution éthérée ou dioxannique de (I), on n'obtient que 10 % de (III), le principal produit de la réaction étant (V). Cette dernière se forme seule par action de la potasse aqueuse. Avec la potasse dans le méthanol aqueux à 50, 90 et 100 %, on isole respectivement 2, 10 et 50 % de (III), à côté de (V) et de quantités variables de (IV). Enfin, par addition de (I) dans une suspension de CH_3ONa dans le toluène ou le xylène à l'ébullition, le rendement en (III) n'est pas modifié de façon sensible.

Isomérisation de (II) *par le sodium.* — L'action du sodium en milieu benzénique sur (II) donne une faible quantité de cyclohexène-2 one-1 et 30 % de méthoxy-1 méthylal-1 cyclopentane (VI) $É_{12}$ 85-86°; d_{25}^{25} 1,064; n_D^{25} 1,4675, ne donnant ni semicarbazone, ni dinitro-2.4 phénylhydrazone, ni combinaison avec le dimédon, et se transformant en un dimère F 160-161° (CH_3OH); l'oxydation argentique conduit à l'acide méthoxy-1 cyclopentanecarboxylique F 147-148° (acétone-éther de pétrole); par chauffage avec du méthanol contenant 1 % de SO_4H_2, (VI) s'isomérise en un mélange de carbométhoxycyclopentane et de (V) [*cf.* ([3])].

Dans les mêmes conditions, l'éthoxy-1 époxy-1.2 cyclohexane donne de la cyclohexène-2 one-1 et de l'éthoxy-1 méthylal-1 cyclopentane $É_{12}$ 90-92°; d_{25}^{25} 1,007; n_D^{25} 1,4525. Le cyclohexyloxy-1 époxy-1.2 cyclohexane ([1]) conduit par contre à un mélange de cyclohexanol et d'acide (III).

Déshalogénation de (I). — Par chauffage dans le benzène avec le dérivé sodé du méthylol-2 furanne, on isole 35 % de l'ester correspondant de (III) $É_{20}$ 135°; d_{25}^{25} 1,107; n_D^{25} 1,4866. Le benzylate de sodium donne 30 % d'ester benzylique de (III) $É_5$ 130; d_{25}^{25} 1,068; n_D^{25} 1,5196, à côté d'une faible quantité de benzyloxy-2 cyclohexanone $É_{0,2}$ 110-115°, sem. carb. F 161° (CH_3OH), identique à celle du produit provenant de l'oxydation sulfochromique du benzyloxy-2 cyclohexanol ([4]). Le caprylate de sodium donne 40 % d'ester caprylique de (III) $É_8$ 115-120°; d_{25}^{25} 0,913; n_D^{25} 1,4468 et quelques pour cent d'époxyde alcoxylé impur $É_8$ 130-140°, isomérisé par le sodium en (III) et alcool caprylique. Par action du mentholate de sodium suivie de plusieurs heures d'ébullition dans le benzène, on isole l'ester menthylique de (III) $É_{15}$ 165°; d_{25}^{25} 0,960; n_D^{25} 1,4732; $(\alpha)_{546}$ —65°,7, légèrement racémisé par

([2]) JACQUIER, *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 83 D.
([3]) VENUS-DANILOVA, *Chem. Abstr.*, **31**, 1937, p. 428.
([4]) MC KUSICK, *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 1976.

rapport au produit synthétique ([5]). Le malonate d'éthyle sodé donne 55 % d'ester $É_6$ 150°, sem. carb. F 186° (alcool), saponifié en acide cyclohexanone-2 malonique F 183-184° (acétone) et décarboxylé en acide cyclohexanone-2 acétique ([6]).

*Déshalogénation de la méthyl-*1 *chloro-*4 *cyclohexanone-*3 (VII). — Par action de CH_3ONa dans un excès de CH_3OH, on isole, à côté de l'acide méthyl-3 cyclopentanecarboxylique ([7]), 50 % de méthyl-1 méthoxy-3 époxy-3.4 cyclohexane (VIII). $É_{15}$ 105°; d_{25}^{25} 1,015; n_D^{25} 1,4600. Ce dernier est isomérisé par le sodium en méthyl-1 cyclohexène-2 one-4 (dinitro-2.4 phénylhydrazone F 172-173°) et en méthyl-1 méthoxy-3 méthylal-3 cyclopentane $É_{12}$ 95-96°; d_{25}^{25} 1,014; n_D^{25} 1,4605. Dans le cas de (VII) active F 70° ([8]), la régression n'est que de 10-15 % et l'on obtient en outre 50 % de (VIII) $É_{15}$ 105°; $(\alpha)_{546} + 27°,95$.

L'action du phénate de sodium sur (VII) racémique donne la méthyl-1 phénoxy-4 cyclohexanone-3 F 79-80° (acétate d'éthyle-éther); sem. carb. F 192-193°,5 (alcool-benzène).

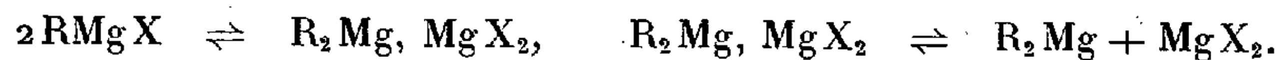
*Déshalogénation de la chloro-*2 *cyclopentanone.* — L'action à 0° de CH_3ONa dans CH_3OH ou en suspension éthérée donne 25 % de cyclopentène-2 one-1 à côté de goudrons. Le cyclohexanolate de sodium donne la cyclohexyloxy-2 cyclopentanone $É_{14}$ 110-115°; d_{25}^{25} 1,040; n_D^{25} 1,4831; sem. carb. F 176° (CH_3OH). Le phénate de sodium conduit à la phénoxy-2 cyclopentanone F 51° (éther); sem. carb. F 210° (CH_3OH).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la constitution du réactif de Grignard.* Note de M. **Robert Kullmann**, présentée par M. Pierre Jolibois.

W. Schlenk et W. Schlenk jr. ([1]) furent les premiers à signaler en 1928, que l'addition de dioxane à la solution d'un réactif de Grignard en précipite tout l'halogène. Il reste en solution une certaine proportion du magnésium *actif* sous la forme de magnésien symétrique R_2Mg. De nombreux composés organo-magnésiens mixtes ont été traités de cette façon par différents chercheurs.

Il est généralement admis que ces expériences donnent la preuve de l'existence d'équilibres entre forme simple et forme double du réactif de Grignard, tels que

$$2RMgX \rightleftharpoons R_2Mg, MgX_2, \qquad R_2Mg, MgX_2 \rightleftharpoons R_2Mg + MgX_2.$$



([5]) Rupe, *Ann. Chem.*, 327, 1903, p. 181.
([6]) Newman et van der Werf, *J. Am. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 233.
([7]) Mousseron et coll., *Bull. Soc. Chim.*, 14, 1947, p. 606.
([8]) Mousseron, Richaud et Granger, *Bull. Soc. Chim.*, 13, 1946, p. 593.

([1]) *Ber.*, 64, 1931, p. 734.

J'ai repris en l'analysant l'action du dioxane sur les réactifs de Grignard.

Le dioxane a donc été introduit dans des solutions éthérées de bromure d'éthylmagnésium suivant trois modes différents : addition massive et rapide; addition par petites quantités successives à de faibles intervalles de temps; addition par petites quantités, chaque addition étant suivie d'un repos d'environ 24 heures.

Une solution éthérée de dioxane de titre connu (2,5 à 6 mol-g/l) est ajoutée, sous bonne agitation, à raison d'environ 1 cm^3/min, dans un volume déterminé (250 à 300$^{cm^3}$) d'une solution éthérée de bromure d'éthylmagnésium renfermant de 0,3 à 1 mol-g C_2H_5MgBr par litre.

La variation de composition de la solution a été suivie en déterminant sa teneur en brome et en magnésium basique.

1° L'addition rapide de dioxane en grande quantité entraîne la séparation et le dépôt d'un précipité blanc qui contient la totalité du brome. 55 à 60 % du magnésium organique sont récupérés dans la solution sous la forme de diéthylmagnésium $(C_2H_5)_2Mg$.

Dans la solution laissée au contact du précipité, le pourcentage augmente jusqu'à 70-75 % après 24 heures de repos. La prolongation de la durée de contact n'amène pas de modification appréciable dans la composition de la solution.

Ces résultats confirment ceux des travaux publiés antérieurement.

2° De petites quantités déterminées de dioxane sont successivement ajoutées jusqu'à élimination complète du brome de la solution du réactif de Grignard.

Pour précipiter la totalité du brome, il faut un peu plus de 1^{mol} de dioxane par molécule C_2H_5MgBr ou un peu plus de 2^{mol} de dioxane par molécule $(C_2H_5)_2Mg$, MgBr. Plus précisément, *si a molécules de* $(C_2H_5)_2Mg$ *et b molécules de* $MgBr_2$ *ont été précipitées, il a fallu ajouter* $c = a + 2b$ *molécules de dioxane.*

3° L'addition d'une quantité déterminée de dioxane est suivie d'une période de repos de 20 à 22 heures. La variation de composition de la solution laissée au contact du précipité pendant ce laps de temps met en évidence les faits suivants :

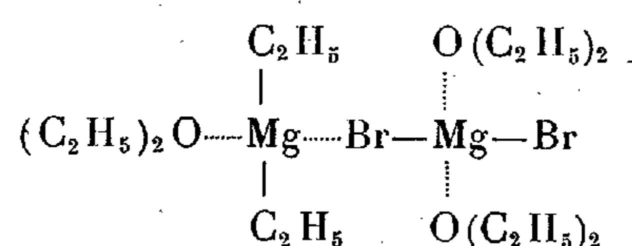
a. La solution s'enrichit en diéthylmagnésium et s'appauvrit en bromure de magnésium. 2^{mol} *de* $(C_2H_5)_2Mg$ *reviennent en solution pour* 1^{mol} *de* $MgBr_2$ *qui disparaît.*

b. L'équilibre vers lequel tend le milieu correspondant à la *précipitation de* 1^{mol} *de bromure de magnésium pour l'addition de* 2^{mol} *de dioxane*, tandis que le diéthylmagnésium tend à revenir intégralement dans la solution.

En fait, lorsque le dioxane est ajouté en trois ou quatre fractions, chaque addition étant suivie d'environ 1 jour de repos, 93 à 97 % du réactif de Grignard se retrouvent finalement en solution sous la forme de diéthylmagnésium.

Le composé $MgBr_2.2$ dioxane a déjà été précipité en ajoutant du dioxane à une solution éthérée de $MgBr_2$ par Tahsin Rustu [2] et par Rheinboldt et ses collaborateurs [3].

L'hypothèse de la précipitation par le dioxane d'un organo-magnésien mixte RMgX ne permet pas d'expliquer le phénomène. En revanche les faits expérimentaux s'interprètent aisément en admettant que les réactifs de Grignard ont une structure, telle qu'elle fut proposée par Jolibois [4] : R_2Mg, MgX_2. Le bromure d'éthylmagnésium peut alors être représenté par le schéma :



Le dioxane ajouté à la solution du réactif de Grignard prend la place de l'éther et insolubilise le complexe.

La combinaison avec le dioxane se dissocie au contact de la solution en $(C_2H_5)_2Mg.1$ dioxane soluble et en $MgBr_2.2$ dioxane, insoluble. La libération du dioxanate de $(C_2H_5)_2Mg$ est toutefois ralentie puis complètement empêchée par occlusion. Il y a donc d'autant plus de $(C_2H_5)_2Mg$ au sein du précipité que l'addition du dioxane a été plus massive.

Le monodioxanate de $(C_2H_5)_2Mg$ évadé du précipité cède son dioxane au réactif de Grignard restant, provoquant ainsi une nouvelle séparation de bidioxanate de $MgBr_2$.

PHYSIQUE CRISTALLINE. — *Sur la diffusion Rayleigh des Cristaux.* Note (*) de MM. **Jean Chapelle** et **André Galy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Bien que le problème de la diffusion Rayleigh dans les cristaux ait déjà été traité du point de vue « continu » [1], nous croyons utile de signaler une méthode simple de calcul, qui développe les considérations qualitatives faites par A. Kastler [2] et qui peut être appliquée à des cas plus complexes que ceux qui ont été examinés jusqu'à présent.

Prenons par exemple un cristal cubique, d'axes quaternaires OXYZ; supposons la lumière incidente constituée par un faisceau de lumière parallèle à OY; soit OX la direction d'observation.

---

(2) Thèse Université de Lyon, 1932.

(3) Rheinboldt, Luyken et Schmittmann, *J. Prakt. chem.*, **149**, 1937, p. 30.

(4) *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 353.

(*) Séance du 9 octobre 1950.

(1) E. Matossi, *Z. Physik*, **92**, 1934, p. 425.

(2) *J. Chim. Phys.*, 1949.

Les raies Brillouin correspondant aux raies Stokes qui sont diffusées le long de OX proviennent de la réflexion [3] de la lumière incidente sur les trois ondes acoustiques qui se propagent suivant la bissectrice extérieure de XOY de cosinus directeurs $\alpha=(1/\sqrt{2})$, $\beta=-(1/\sqrt{2})$, $\gamma=0$, et dont la longueur d'onde Λ est liée à la longueur d'onde incidente λ par la relation $\Lambda=(\lambda/\sqrt{2})$.

Le mécanisme de cette diffusion est le suivant : au cours de la propagation de l'onde, l'ellipsoïde des indices relatif à un élément de volume est déformé. Si, au repos, son équation est

$$a^0_{11}x^2+a^0_{22}y^2+a^0_{33}z^2+2a^0_{23}yz+2a^0_{31}zx+2a^0_{12}xy=1,$$

les coefficients de cette équation subissent les variations

$$a_{11}-a^0_{11}=p_{11}x_x+\ldots+p_{16}x_y,$$
$$a_{12}-a^0_{12}=p_{61}x_x+\ldots+p_{66}x_y,$$

les p_{ik} constituent les constantes élastooptiques de Pockels [pour les notations *voir* [4]].

Il en résulte qu'on peut associer à chaque onde un tenseur, dérivé des polarisabilités, responsable de la diffusion Rayleigh.

Dans l'exemple cité plus haut, on a à faire à trois ondes dont les vitesses de propagation sont

$$V_1=\sqrt{\frac{C_{11}+C_{12}+2C_{44}}{2\rho}},\qquad V_2=\sqrt{\frac{C_{11}-C_{12}}{2\rho}},\qquad V_3=\sqrt{\frac{C_{44}}{\rho}}$$

(ρ = densité du cristal, les c_{ik} sont les constantes élastiques).

Nous indiquons dans le tableau ci-dessous, les résultats obtenus, lorsqu'on suppose que le faisceau incident est polarisé, qu'il transporte une intensité égale à l'unité, et que la diffusion est effectuée par l'unité de volume. Tous les résultats indiqués doivent être multipliés par le facteur constant

$$\frac{\pi^2}{2}\frac{N^8}{\lambda^4}kT.$$

	Direction du vecteur champ électrique du faisceau incident polarisé			
	E_z		E_x	
	Direction du vecteur champ électrique du faisceau diffusé.			
Nature de l'onde diffusante.	E_y (intensité i).	E_z (intensité I).	E_y (intensité i).	E_z (intensité I).
Onde longitudinale de vitesse V_1...	0	$\frac{2p_{12}^2}{C_{11}+C_{12}+2C_{44}}$	$\frac{2p_{44}^2}{C_{11}+C_{12}+2C_{44}}$	0
» transversale » V_2...	0	0	0	0
» » » V_3...	$\frac{p_{44}^2}{2C_{44}}$	0	0	$\frac{p_{44}^2}{2C_{44}}$

(3) J. Cabannes, *Runc. Scient.*, n° 3205, février 1942.

(4) Pockels, *Lehrbuch der Kristalloptik*, Teubner, 1906.

On en déduit les facteurs de dépolarisation

$$\rho_{E_z} = \frac{p_{44}^2}{p_{12}^2}\,\frac{C_{11}+C_{12}+2\,C_{44}}{4C_{44}}, \qquad \rho_{E_x} = \frac{4C_{44}}{C_{11}+C_{12}+2\,C_{44}}.$$

Dans le cas de Na Cl($C_{11}=4,77.10^{11}$, $C_{12}=1,32.10^{11}$, $C_{44}=1,29.10^{11}$, $p_{12}=0,178$, $p_{44}=-0,01$), on trouve, pour $\lambda=0^{\mu},5$

$$\rho_{E_x} = \frac{0,023.10^{-8}}{0,038.10^{-8}} = 0,6 \qquad \rho_{E_z} = \frac{0,038.10^{-8}}{7,24.10^{-8}} \# 0.$$

Intensité totale diffusée (en supposant l'intensité incidente égale à l'unité) : $7,34.10^{-8}$.

L'expérience, réalisée sur un cristal de NaCl synthétique, pour lequel nous n'avons pas pris plus de précautions que pour un spectre Raman ordinaire, vérifie qualitativement les résultats précédents; la composante I due à E_z est de beaucoup la plus intense, on trouve $\rho_{E_x}\sim 1$, $\rho_{E_z}\sim 0$. On ne peut espérer mieux avec une raie excitatrice non absorbée sur le faisceau diffusé.

Toute théorie moléculaire de la diffusion Rayleigh revient à la détermination des constantes élastooptiques du milieu à partir de sa structure, avec peut-être une légère correction provenant du caractère fini de l'onde diffusante.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence comparée de l'acide indole-acétique et du lait de Coco sur les réserves glucidiques de souches de tissu de Carotte.* Note (*) de M. **André Goris**, présentée par M. René Souèges.

L'acide indole-acétique n'a pas d'influence sur la composition glucidique du tissu d'une souche de Carotte; par contre, le lait de Coco entraîne une nette diminution des sucres réducteurs, qui est fonction de la concentration des milieux en cette substance. La substance de croissance du lait de Coco ne serait pas une auxine.

En 1941 Van Overbeek, Conklin et Blakeslee ([1]), en réalisant des cultures d'embryons isolés sur des milieux renfermant du lait de Coco, ont établi que ce liquide est capable de stimuler la prolifération des cellules végétales. Caplin et Steward ([2]), en 1948, confirmèrent cette action excito-formatrice du lait de Coco en se servant de fragments de tissus de Carotte. Plus récemment Duhamet ([3]) a démontré que cette substance stimule la prolifération d'un grand nombre de tissus cultivés *in vitro* : Topinambour, Vigne-vierge, tissus de crown-gall de Scorsonère, et qu'elle est sans rapport avec les auxines. Il nous

---

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) *Science*, **94**, 1941, p. 350.

([2]) *Science*, **108**, 1948, p. 655.

([3]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1353; **230**, 1950, p. 770; *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 59.

a paru intéressant d'étudier l'action de l'hétéro-auxine et du lait de Coco sur le comportement des réserves glucidiques des tissus de la souche de Carotte cultivée par Gautheret depuis 1937.

Pour réaliser cette étude, nous avons utilisé des milieux constitués par une solution de Knop diluée de moitié, additionnée de gélose (1,3 %), de glucose (2 %), de chlorhydrate de cystéine (10^{-5}), d'aneurine (10^{-6}) et, suivant les cas, d'acide indole-acétique ou de lait de Coco. Ces milieux étaient de trois types :

1° milieu témoin sans lait de Coco ni acide indole-acétique;

2° milieux renfermant 10^{-8} et 2.10^{-8} d'acide indole-acétique;

3° milieux contenant 5, 10 et 20 % de lait de Coco [4].

Le tissu que nous avons utilisé pour l'ensemencement sur ces divers milieux et sur lequel nous avons effectué à ce moment une analyse des sucres, provenait de colonies repiquées depuis 59 jours sur un milieu d'entretien à 2 % de glucose et 10^{-8} d'acide indole-acétique.

Au bout de 39 jours de culture à la lumière et à la température de 24°, les colonies obtenues sur les différents milieux furent analysées séparément. Les résultats exprimés par rapport à 100g de tissu sec sont rassemblés dans le tableau et les graphiques ci-joints.

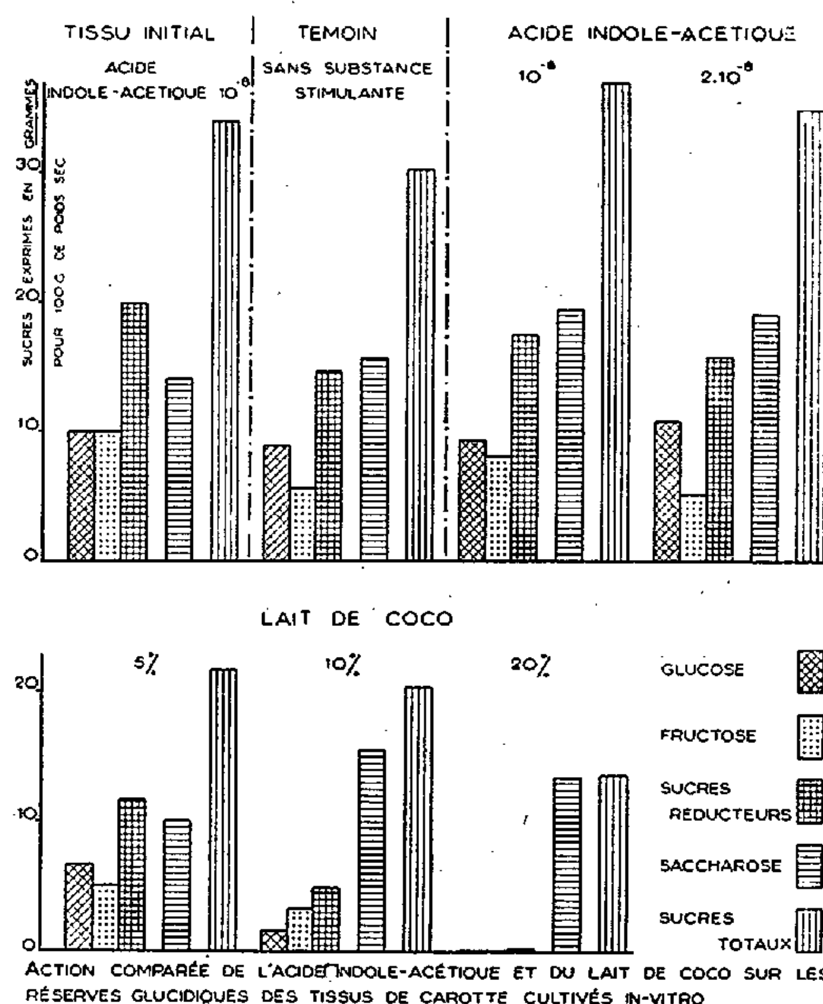
Contenu glucidique de tissus de Carotte ayant été cultivés sur des milieux renfermant des substances stimulantes.

Facteur stimulant, contenu dans le milieu de culture.	Glucose (g).	Fructose (g).	Sucres réducteurs (g).	Saccharose (g).	Sucres totaux (g).
Acide indole-acétique 10^{-8} (culture primitive)......................	9,95	9,95	19,9	14,05	33,95
Témoin (sans facteur de croissance)...	8,95	5,6	14,55	15,65	30,2
Acide indole-acétique 10^{-8}...........	9,4	8,1	17,5	19,4	36,9
» » 2.10^{-8}.........	10,75	5,05	15,8	19	34,8
Lait de Coco 5 %.................	6,65	5	11,65	10	21,65
» 10 %.................	1,6	3,25	4,85	15,45	20,3
» 20 %.................	–	–	0,15	13,45	13,6

Leur examen montre que l'hétéro-auxine n'a pas d'influence sensible sur la composition glucidique du tissu de la souche de Carotte, à peine peut-on noter une légère augmentation de la teneur en sucres totaux; il n'en est pas de

[4] Des dosages entrepris à l'aide du test Avoine ont établi que le lait de Coco renfermait des substances de croissance correspondant à une dose d'acide indole-acétique de l'ordre de 10^{-7}; les trois milieux contenaient donc respectivement : 5.10^{-9}, 10^{-8}, 2.10^{-8} d'acide indole-acétique. D'autre part le lait de Coco utilisé renfermait 2g,8 % de sucres totaux, ce qui ne modifiait pas sensiblement la composition glucidique des milieux auxquels il était ajouté.

même avec le lait de Coco pour lequel on constate une nette diminution des sucres réducteurs qui varie en fonction de la concentration en liquide excito-formateur.



ACTION COMPARÉE DE L'ACIDE INDOLE-ACÉTIQUE ET DU LAIT DE COCO SUR LES RÉSERVES GLUCIDIQUES DES TISSUS DE CAROTTE CULTIVÉS IN-VITRO

Dans l'état actuel de nos recherches nous ne pouvons déterminer s'il s'agit d'une action directe sur le métabolisme des sucres ou d'un effet résultant de la prolifération cellulaire intense produite par cette substance : des travaux ultérieurs devront résoudre ce problème. Le fait que le lait de Coco et l'acide indole-acétique agissent d'une manière différente sur les réserves glucidiques des tissus d'une souche de Carotte renforce l'idée de Duhamet selon laquelle la substance de croissance du lait de Coco ne serait pas une auxine.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Recherches chimiques sur la composition des essences de Colza.* Note (*) de MM. **Émile André** et **Pierre Delaveau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons indiqué le procédé qui nous a permis de préparer en quantité assez importante diverses essences de tourteaux de Colza. Le mode opératoire suivi a été décrit; nous avons pu séparer nos essences en trois fractions désignées par les lettres A, B et C. Les fractions A et B furent obtenues par décantation de la partie huileuse surnageant l'eau distillée de tourteau de Colza; la fraction C provient de l'épuisement par l'éther

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 555.

de l'eau laiteuse résiduelle. Nous avons déterminé certaines propriétés physiques de ces fractions.

Dans des recherches faites par l'un de nous, en collaboration avec M[me] Kogane-Charles ([2]), nous avons appliqué au dosage de l'allylsénevol contenu dans l'essence de graines de Moutarde noire trois méthodes de dosages différentes. Deux sont des méthodes volumétriques, la méthode de Gadamer, au nitrate d'argent et la méthode à l'iode de Morvillez et Meesmemæcker; la troisième, due à Jörgensen, consiste à peser la combinaison que donne le sénevol avec l'ammoniaque. Nous avons reconnu que ces trois méthodes donnent des résultats concordants lorsqu'on les applique au dosage de l'allylsénevol retiré des graines de Moutarde noire; mais, lorsqu'on veut les appliquer au dosage des essences de graines de Colza ou de Navette, on constate des discordances plus ou moins grandes entre les méthodes volumétriques. Quant à la méthode gravimétrique, elle donne des résultats décevants.

En possession de quantités assez importantes d'essences de Colza divisées, au cours de leur préparation, en fractions différentes, nous n'avons pas manqué de leur appliquer la méthode des *trois dosages*. Les résultats obtenus figurent dans le tableau ci-dessous.

		Méthodes		
			volumétriques	
		gravimétrique	à l'argent	à l'iode
Essences.	Fractions.	(crotonylsénevol %).		
Griffiths n° 1	A	92,5	93,5	91,0
	B	»	93,0	85,7
	C	70,9	88,5	70,6
Griffiths n° 2	A	97,4	97,8	91,4
	B	97,5	97,7	93,2
	C	88,6	86,2	77,8

Ces données numériques permettent, croyons-nous, les conclusions suivantes : la fraction A paraît avoir une composition assez constante correspondant à un mélange dans lequel le crotonylsénevol domine de beaucoup; la fraction B se rapproche grandement de la précédente, mais le résultat du dosage à l'iode peut différer sensiblement de celui que donne le dosage à l'argent; cette différence est peut-être imputable à l'existence d'un crotonylsévenol isomère fixant moins facilement l'iode; la fraction C enfin donne des résultats qui annoncent une composition complexe. Une part des troubles apportés dans les dosages d'essence faits à partir des graines de Colza elles-mêmes lui est probablement imputable.

([2]) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 103, 201, 444; *Annales agronomiques*, nouvelle série, **18**, 1948, p. 547.

Étude des combinaisons que donnent les essences de Colza avec l'ammoniaque : crotonylthiourées (ou thiocolzamines). — Ces thiourées sont assez difficiles à préparer; la combinaison des crotonylsénevols et de l'ammoniaque ne se fait que lentement. Le mode opératoire que nous avons suivi sera publié dans un autre Recueil. La cristallisation, dans le benzène pur, des produits de premier jet nous a permis de séparer : 1° des cristaux fondant nettement à 64°; 2° des cristaux fondant à 55-56°; ce point de fusion n'est pas aussi net que le précédent, on observe un léger ramollissement vers 52-53°. Il reste dans les eaux-mères un produit huileux épais se transformant en une masse cristalline pâteuse légèrement brune. Les fractions A, B et C se comportent de même; toutefois la fraction C donne une plus grande quantité de résidu pâteux. Sur les deux produits cristallisés nous avons effectué des dosages de soufre et des dosages d'azote. Les résultats obtenus correspondent d'une manière tout à fait satisfaisante avec la formule brute $C_5H_{10}N_2S$ qui est celle des crotonylthiourées.

Distillation fractionnée. — Nous avons réuni les fractions A, B et C, provenant de plusieurs distillations de tourteau de Colza pour constituer un échantillon d'essence totale. Nous avons distillé sous pression réduite 94^g de ce produit. Nous ne donnerons pas ici la courbe de distillation, disons seulement que la fraction principale (45 % du produit distillé) a passé presque à point fixe, É 74,5-75° sous 19^{mm}, et a donné une thiourée fondant à 64°. La fraction précédente, 71,5-74°,5 donnait au contraire une thiourée dont le point de fusion s'étale entre 56 et 64°. Enfin une des fractions suivantes qui avait passé entre 80 et 84° a fourni une thiourée fondant à 43° seulement.

En résumé, la composition de l'essence de Colza est assez compliquée. Si les crotonylsénevols en sont les constituants principaux, ils ne sont pas les seuls. En outre, il peut exister quatre alcools de formule C_4H_8O dont nous ne voulons pour l'instant, ne retenir que deux : l'allylcarbinol $CH_2{=}CH{-}CH_2{-}CH_2OH$ et le propénylcarbinol $CH_3{-}CH{=}CH{-}CH_2OH$, ce dernier pouvant exister sous une forme *cis* et une forme *trans*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la composition d'une algue des îles Kerguelen* Macrocystis Pyrifera *(L.) AG.* Note de M. **Charles Sannié**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

La récente mission française aux îles Kerguelen nous a fait parvenir il y a quelque temps des échantillons d'algues recueillies au cours de la première dizaine de janvier 1950 dans les immenses bancs qui, en certains points, envahissent littéralement la mer. Nous en avons transmis des fragments à notre collègue le professeur Heim, qui les a reconnues comme étant *Macrocystis pyrifera* (L.) Ag.

La composition minérale de ces algues est bien connue; les frères Bossière, jadis concessionnaires des îles Kerguelen, en avaient déjà fait brûler selon la technique employée en Bretagne pour les vraies laminaires. M. Robert Lami avait eu en mains de cette *soude*, et l'analyse qu'il en fit faire lui confirma que, si les cendres ne présentaient aucun intérêt pour l'extraction de l'iode ($0^g,15$ %), la teneur en potasse était de $26^g,23$ % et qu'elles auraient pu servir comme engrais local, s'il y avait eu des cultures aux Kerguelen.

Aussi n'avons-nous pas cherché à préciser leur composition minérale, mais il nous a paru intéressant d'y rechercher et d'y doser les constituants spécifiques des algues, c'est-à-dire le mannitol, l'acide alginique, la laminarine, et le fucose obtenu par hydrolyse de la fucoïdine.

Les méthodes que nous avons utilisées sont celles décrites par Cameron, Ross et Percival ([1]), avec quelques modifications pour le dosage de la laminarine. Les spécimens que nous avons reçus étaient desséchés à l'air, dans les conditions assez précaires où se trouvait la mission.

Les échantillons bruts furent triés, en séparant d'une part les frondes, d'autre part les stipes, enfin les flotteurs. Les dosages furent mis au point sur les algues totales. Chaque lot fut broyé finement au broyeur à marteau, et la poudre obtenue tamisée au tamis 100.

Nous avons tout d'abord déterminé leur teneur en humidité par une dessiccation de six heures à l'étuve à 100°. Puis, sur chacun des échantillons de poudre, nous avons procédé au moins à deux déterminations; les résultats indiqués ci-dessous correspondent à la moyenne des essais effectués. Ils sont exprimés en grammes pour 100^g d'algue séchée à 100°.

	Frondes.	Stipes.	Flotteurs.
Humidité (%)	10,4	10,1	9,1
Cendres totales	40,4	39,0	47,5
Cendres insolubles	11,4	6,6	7,5
Teneur en iode	0,091	0,228	0,155
N total	2,84	2,05	1,82
Mannitol	4,15	5,78	6,07
Acide alginique	17,65	18,79	20,94
Laminarine	0,57	0,76	0,63
Fucose	1,18	1,59	1,12

Ces résultats appellent quelques commentaires. Le taux d'acide alginique est voisin de celui retrouvé par Nelson et Cretcher ([2]) dans les mêmes algues provenant de la côte américaine du Pacifique, et de ceux observés pendant les mois de juin et juillet dans les Laminaires d'Écosse par Black ([3]), soit environ

([1]) *J. Soc. Chem. Ind.*, 67, 1948, p. 161-164.
([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1914.
([3]) *J. Soc. Chem. Ind.*, 67, 1948, p. 165-168, 169-172 et 172-176.

18 à 20 %. Le taux de mannitol, d'environ 5 %, correspond aux valeurs trouvées par Nelson et Cretcher. Dans les Laminaires c'est en mai seulement que Black a signalé des chiffres aussi bas, alors que le taux de ce constituant s'élève à 16-25 % en juin et juillet. La teneur en fucoïdine est assez faible.

Les cendres totales, constituées surtout par des sels de potassium, atteignent 40 %. Elles renferment trop peu d'iode pour que son extraction des cendres présente le moindre intérêt.

Mais le point le plus caractéristique est sans doute l'absence quasi totale de laminarine, toujours inférieure à 1 %. Il est possible que *Macrocystis pyrifera* ne contienne pas de laminarine, comme certaines autres algues (*Saccorhiza bulbosa*). Peut-être au contraire, faut-il attribuer cette absence à la date de la récolte, celle-ci correspondant à la fin du printemps austral, qui à cette latitude correspond à peine au début de la belle saison, donc au début de l'activité photosynthétique de la plante.

Pour compléter ces résultats, il faudrait pouvoir étudier les variations saisonnières des constituants, dont M. Lapicque a déjà montré en 1919 toute l'importance. C'est ce que nous nous proposons de faire sur des échantillons apportés tout récemment des Kerguelen par le *Charcot*, et recueillis fin mars.

Au point de vue économique, les chiffres donnés ci-dessus montrent que le seul intérêt de ces algues, tout relatif du reste, serait l'extraction de l'acide alginique, à condition que les emplois industriels ou alimentaires de cet acide justifient une exploitation aussi difficile.

Il paraît douteux que ce soit actuellement le cas. Malgré leur teneur élevée en K_2O, leur emploi comme engrais potassique ne saurait être envisagé, bien que les quantités d'algues disponibles soient si grandes qu'elles envahissent la mer en certains endroits.

ZOOLOGIE. — *Sur le stade ultime du parasitisme social chez les fourmis, atteint par* Teleutomyrmex Schneideri (*subtrib. nov.; gen. nov.; spec. nov. Kutter*). Note (*) de MM. **Robert Stumper** et **Henri Kutter**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez les fourmis, le parasitisme social ([1]) atteint son terme par la disparition des ouvrières et l'apparition de caractères particuliers. L'unique exemple européen connu était *Anergates atratulus*, vivant en communauté avec *Tetramorium caespitum*. L'un de nous (Kutter) a découvert, en 1949, à Saas-Fée (Haut-Valais), une nouvelle fourmi (2mm,5), rarissime, dépourvue d'ouvrières

(*) Séance du 9 octobre 1950.

([1]) M. Caullery, *Le parasitisme et la symbiose* (2e éd.), Paris, 1950, p. 37 et suiv.; W. M. Wheeler, *Les sociétés d'Insectes*, Paris, 1926, p. 337 et suiv.

et parasitant *Tetramorium caespitum*. Cette fourmi, *Teleutomyrmex Schneideri* ([2]), offre des particularités dégénératives et adaptatives surprenantes : régression des pièces buccales, des mandibules, du peigne tibio-tarsal; développement des tarses terminaux en organes fixateurs; physogastrie des femelles, dont l'abdomen non distendu est circulaire, très aplati et concave en dessous; aspect et teintes larvaires du mâle, ailé et faiblement chitinisé (*fig.* 1 et 2).

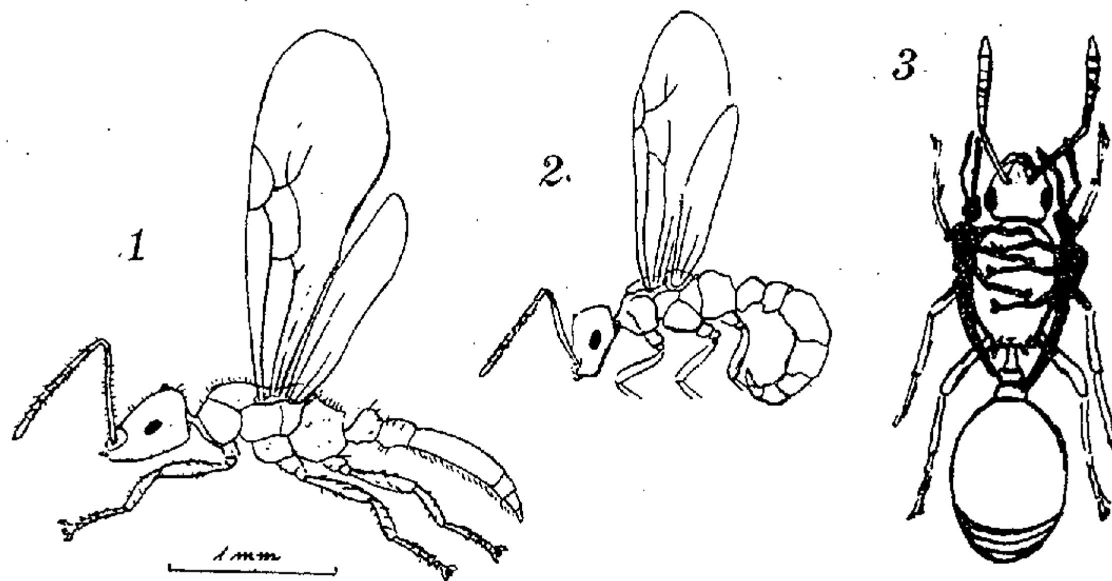


Fig. 1 et 2. ♂ et ♀ de *Teleutomyrmex schneideri*. — Fig. 3. Reine de *Tetramorium caespitum* portant deux *Teleutomyrmex*.

Les relations entre les deux partenaires de l'association sont celles d'un parasitisme social obligatoire; le principal bénéficiaire en est *Teleutomyrmex*, qui trouve, chez son hôte, gîte, soins, nourriture et même support individuel. Isolé de l'hôte, même à plusieurs individus, le parasite dépérit rapidement. En revanche celui-ci offre à son associé des sécrétions cutanées, dont les *Tetramorium* se montrent très friands (plus qu'ils ne le sont à l'égard des exsudations épidermiques de leur propre reine). Ces sécrétions (lipoïdiques ?) constituent un important lien de l'association; elles facilitent l'adoption des femelles du parasite, d'autant plus que celles-ci y joignent l'astuce de s'accrocher par leurs tarses-fixateurs au corps de la femelle-hôtesse, où la reine physogastrique passe une bonne part de sa vie, y pond ses œufs et partage les soins qu'apportent les ouvrières *Tetramorium* à leur propre reine. Cette tendance à s'agripper, on est tenté d'y voir un réflexe tactile, s'il n'y manquait pas l'automatisme rigoureux, se manifeste surtout après la fécondation; les femelles de *Teleutomyrmex* peuvent se réunir à plusieurs sur une femelle de *Tetramorium* (*fig.* 3). Les femelles parasites s'agrippent à l'occasion aux femelles ailées ou désailées, aux pupes, même aux cadavres de l'hôte; elles s'agrippent aussi les unes aux autres.

([2]) H. Kutter, *Bull. Soc. Entom. Suisse*, **23**, 1950, p. 81-94.

Dans la colonie mixte, on rencontre simultanément la reine de l'hôte à côté d'une à plusieurs (4) femelles physogastriques du parasite. C'est le premier cas connu de ce genre. Le couvain est mixte et, à la période du vol nuptial, le nid composé renferme temporairement des individus sexués des deux espèces. L'accouplement des *Teleutomyrmex* s'effectue normalement, sinon exclusivement entre frères et sœurs, dans le nid-mère, les mâles ne représentent d'ailleurs que 10-15 % de la population du parasite. Après la fécondation, les femelles se débarrassent de leurs ailes ; mais elles sont aussi capables de voler, bien que l'essaimage ne semble plus être pratiqué. La propagation de l'espèce se fait par infestation d'un nid approprié et plutôt petit de *Tetramorium*, où l'introduction de la femelle s'opère probablement sur le dos d'une ouvrière. Une fois entrée dans le nouveau nid et arrivée en contact de la reine, l'intruse monte sur le corps de celle-ci, ce qui lui confère une certaine immunité, les sécrétions cutanées faisant le reste. Les nids ramifiés de *Tetramorium* ont la préférence des jeunes femelles parasites ; l'infection y est facilitée par la possibilité d'une accoutumance graduée.

En nid artificiel, les ouvrières de l'hôte ont fini par tuer leur propre reine, mais nous ignorons si c'est la règle. Le parasite s'avère incapable de se nourrir par ses propres moyens, mais nous n'avons pu constater, du moins d'une façon précise, la regurgitation entre hôte et parasite. Seules, les femelles accrochées au thorax de la reine-hôtesse semblent pouvoir profiter de l'alimentation de celle-ci par ses ouvrières.

Vis-à-vis des membres de trois colonies mixtes de Saas-Fée, étudiées en 1950, les *Teleutomyrmex* se sont montrés interchangeables, ce qui n'était pas le cas pour les *Tetramorium*. Des colonies de ceux-ci, exemptes de *Teleutomyrmex* et provenant de Saas-Fée, adoptaient facilement des parasites ; par contre, des *Tetramorium* d'origine luxembourgeoise demeuraient nettement hostiles à l'égard du parasite inconnu. Hostiles étaient aussi les réactions des espèces vivantes, provenant de l'ambiance naturelle de *Teleutomyrmex* : *Myrmica lobicornis*, *M. sulcinodis*, *M. rubida*, *Leptothorax nigriceps*, *L. acervorum*. Nos *Teleutomyrmex* présentaient une mortalité élevée, attribuable à une infection endoparasitique par des Nématodes. L'un de nous (Kutter) a découvert à Saas-Fée deux autres fourmis parasites : *Epimyrma Stumperi* chez *Leptothorax nigriceps* et *Doronomyrmex pacis* chez *Leptothorax acervorum*. Ces découvertes centrent l'intérêt sur la faune myrmécologique des Hautes-Alpes, où les conditions favorisent la genèse de formes nouvelles ; le *Teleutomyrmex* constitue certainement l'une des plus intéressantes, stade ultime où se rejoignent les parasitismes social et individuel.

ZOOLOGIE. — *Sur une prétendue phase subimaginale dans le développement de certains Hémiptères-Hétéroptères.* Note (*) de M. **Claude Dupuis**, présentée par M. Louis Fage.

Selon une opinion récente, la forme claire (α) de l'ailé d'*Eurydema oleracea* ne serait que la phase *subimaginale* de la forme foncée (φ), seule capable de se reproduire. En fait, dans les conditions estivales de l'Ouest de la France, ce sont des imagos de la forme α qui procréent la seconde génération annuelle.

Selon une hypothèse récente ([1]) le stade ailé du Pentatomide *Eurydema oleracea* (L.) passerait par deux phases ontogénétiques successives : la première, subimaginale, au cours de laquelle il se présente sous une forme de coloration dite forme α (face ventrale de l'abdomen claire), la seconde, proprement imaginale, résultant du passage à la forme β (abdomen pigmenté de noir). Seuls les ailés de la forme β seraient capables de se reproduire. Certains remaniements de la cuticule, dont l'édification *de novo* de l'apodème génital ([2]), seraient les traits marquants du processus, homologue d'une mue rudimentaire, assurant la transition entre ces phases. Cette hypothèse, énoncée par V. K. Mikhaïlov, repose sur l'étude d'*E. oleracea*, dans la nature, sous une latitude où l'espèce est univoltine, et au laboratoire, où l'on peut obtenir à volonté plusieurs générations consécutives.

L'observation récente, à la Station expérimentale de Richelieu (Indre-et-Loire) d'*E. oleracea* et *ornata* (L.) Stich. présentant, en été, dans la nature, une seconde génération, m'a permis de constater des faits qui prouvent que cette hypothèse ne rend pas compte du déterminisme des variations constatées et en masque même les causes réelles.

En premier lieu, la mélanisation n'est nullement corrélative de l'activité des gonades, puisque les imagos de l'année, qui donnent naissance en août-septembre à la seconde génération ne se présentent pas tous, à beaucoup près, sous la forme β. Ainsi, les ♀♀ d'*E. ornata* et *oleracea* s'accouplent et sont gravides sous la forme α et conservent encore la coloration de ce type après la ponte; les ♂♂ d'*E. ornata* en activité génitale (réplétion totale du réservoir ectadénial et consommation totale des réserves de corps gras) sont également du type α; chez *E. oleracea* ils présentent une mélanisation assez variable de la

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) V. K. Mikhaïlov, *Dokl. Ak. Nauk. S. S. S. R.*, 64, 1949, p. 877-880.

([2]) Cet apodème du bord antérieur du sternite VII est bien chez le ♂ la *furca* à branches fort larges figurée par Mikhaïlov; chez la ♀, par contre, il est réduit à une petite pointe médiane d'un type banal chez les Pentatomides.

face ventrale de l'abdomen, différant quelquefois à peine du type α, le plus souvent plus étendue, mais ne semblant jamais totalement noire ([3]).

En second lieu, l'édification de l'apodème génital, révélatrice des remaniements de la cuticule, est effectivement liée à l'activité génitale, et, comme il fallait s'y attendre d'après ce qui précède, indépendante de la mélanisation.

Il faut donc considérer la mélanisation comme distincte dans son déterminisme des remaniements cuticulaires. Ceux-ci, corrélatifs de la maturité génitale, semblent par là même, liés à quelque facteur interne, et, comme tels obligatoires. Ce que l'on sait des phénomènes de mélanisme chez les Pentatomides permet de penser qu'à l'opposé, la mélanisation est un processus contingent, déterminé par des facteurs externes, normaux ou accidentels, en tout état de cause indépendants de l'activité des gonades et tels que des conditions de nutrition ou de milieu défavorables (humidité élevée, basse température), l'action spoliatrice d'un parasite, les lésions et traumatismes, etc.

L'existence de ces déterminismes différents permet de comprendre que les remaniements de la cuticule et la mélanisation se manifestent simultanément ou non, selon que l'activité génitale, qui accompagne les premiers, se produit ou non dans les conditions généralement défavorables qui impliquent la seconde; elle permet de comprendre également que la coïncidence des deux processus se manifeste à la fin de l'hivernage et en élevage (circonstances défavorables des observations de Mikhaïlov) et ne se produise pas lorsque l'activité sexuelle s'exerce dans une ambiance favorable excluant la mélanisation (cas des *Eurydema* qui procréent dès l'été une seconde génération).

C'est par l'observation des cas qui ne sont que pure coïncidence et parce que les facteurs de mélanisation sont également des stimulants de la mue normale, que Mikhaïlov s'est cru autorisé à considérer les remaniements cuticulaire chez l'imago d'*E. oleracea* comme un rudiment de mue, bien que les processus histologiques qu'il décrit n'aient apparemment rien que de très banal. Il semble en ces conditions très difficile de parler de l'existence d'un stade subimaginal, même rudimentaire, chez les Hémiptères en question.

([3]) Il n'y a pas lieu de s'étonner outre mesure du mélanisme des ♂♂ d'*E. oleracea*, étant donné les plus faibles capacités de régulation physiologique du sexe ♂ chez les Pentatomides (*cf.* D. M. Fedetov, *Zoologhitcheskii Journal*, 25, 1949, p. 245-250).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la biochimie des composés phosphorés du lait. II. Devenir du phosphore protéique au cours de la digestion.* Note (*) de Mme **Juliette Colas**, Mlle **Germaine Demaux**, MM. **Henri Simonnet** et **Joseph Sternberg**, présentée par M. Robert Courrier.

La présence de P lié à la molécule protéique a été constatée dans les substances qui servent à la nutrition d'embryons ou de jeunes organismes. L'œuf de Grenouille (1), le placenta et l'embryon du Rat (2) contiennent une phosphatase spécifique capable de libérer le P minéral des phosphoprotéines, sans qu'une protéolyse préalable soit nécessaire.

Ainsi, l'organisme du jeune animal est pourvu d'un système enzymatique qui rend utilisable le phosphore organique exogène. Mais ce fait ne donne qu'une explication partielle du cycle métabolique du P protéique, car il doit exister une différence de répartition de cet enzyme chez les mammifères, les oiseaux et les poissons. Chez les premiers, les phosphoprotéines arrivent par la voie digestive pendant la vie extra-utérine, tandis que chez les derniers ces métabolites pénètrent par voie parentérale et seulement au cours du développement de l'embryon. Dans le cas de l'absorption intestinale, il y a lieu de déterminer si la digestion aboutit au phosphore minéral ou à un composé moins simple. Enfin, dans les deux cas, le cycle ultérieur du P libéré de la molécule protéique est encore inconnu. Son utilisation par le jeune organisme suggère l'hypothèse que cette combinaison assurerait la synthèse des nucléoprotéides par une voie métabolique plus rapide ou de rendement plus élevé. L'emploi du radiophosphore P^{32} peut faciliter l'explication de ces problèmes. Pour identifier la forme de transport du P d'origine protéique, il suffit en effet de comparer les activités spécifiques des différentes fractions phosphorées du tractus digestif et du système porte.

L'expérience actuelle a eu pour objet l'identification chez le nourrisson de la forme de transport du P caséinique après digestion du lait. A cet effet un jeune chien de 40 jours, pesant 1100^{g}, a reçu au biberon 10^{cm^3} de lait radioactif, obtenu en injectant 5 millicuries de P^{32} minéral à la mère, une chienne de 7^{kg}, traite, 24 heures après l'injection. L'activité totale du lait ingéré était de 6.10^6 impulsions par minute, celle de la caséine de 2.10^6 impulsions par minute. Six heures après l'ingestion, le chiot est anesthésié et des prises de sang sont faites dans la veine porte et dans la veine cave supérieure. Immédiatement après, l'animal est sacrifié par saignée totale à l'aorte abdominale et les divers segments du tube digestif sont prélevés. Les différentes fractions de P^{31} et P^{32}

(*) Séance du 9 octobre 1950.

(1) D. L. Harris, *J. Biol. Chem.*, 165, 1946, p. 541.

(2) E. M. Volk et R. N. Feinstein, *Proc. Soc. Exp. Biol. Méd.*, 70, 1949, p. 563.

sont dosées par une méthode dérivée de celle de Schmidt et Thanhauser ([3]) dans les échantillons, ainsi que dans le foie et la rate.

Résultats. — Les résultats obtenus peuvent se résumer dans les constatations suivantes : 1° Le taux du P^{31} est faible dans le contenu de l'estomac, du jéjunum et de l'iléon (environ 200 µg/g); il augmente au niveau du duodénum (1000 µg/g) et atteint un maximum dans le contenu rectal (2700 µg/g). L'activité spécifique montre les mêmes variations, sauf dans la fraction iléale, où elle est presque nulle.

2° La teneur moyenne en P^{31} de la muqueuse de l'estomac et du duodénum est 2000 µg/g., tandis que celle du jéjunum et de l'iléon en contient environ le double (3500-4000 µg/g). L'activité spécifique, très faible au niveau de l'estomac, est plus forte dans le duodénum; elle atteint son maximum dans le jéjunum et reprend dans l'iléon la même valeur que dans le duodénum.

3° Des variations analogues, mais avec des écarts moins accentués, sont constatées dans les prises d'estomac et de duodenum total (2300-2500 µg/g) et dans le jéjunum et l'iléon entier (2800 µg/g). Les activités spécifiques sont parallèles à celles constatées dans la muqueuse.

4° Le P^{31} a la même concentration dans le sang porte que dans le sang aortique, mais l'activité spécifique y est plus élevée. Le sang de la veine cave supérieure est moins riche en P dont l'activité spécifique est très faible, un quart de celle du sang porte.

5° L'examen des différentes fractions de P révèle une augmentation du P^{31} minéral dans le duodénum et du P^{31} organique acido-soluble dans le jéjunum. Les activités spécifiques de ces fractions sont parallèles à ces variations. Toutefois il existe un maximum du P^{32} minéral dans l'estomac et les activités spécifiques du P minéral jéjunal et du P organique acido-soluble iléal sont fortement diminuées par rapport aux valeurs correspondantes de P^{31}.

6° Après hydrolyse (HCl 2N, 180 min. à 100°) de la fraction organique acido-soluble, le taux du P restant, presque nul dans l'estomac et le duodénum, constitue la fraction la plus importante (45 %) du P acido-soluble jéjunal; cette fraction s'abaisse jusqu'à 20 % dans l'iléon. Le P hydrolysé après 180 minutes représente, d'après Lipmann ([4]), la totalité du P glucidique et seulement 20 % du P sérinique.

En conclusion : 1° Le P minéral du lait est absorbé par la muqueuse duodénale et partiellement par la muqueuse stomacale. Une fraction importante est retrouvée dans le rectum.

2° Le P protéique est probablement résorbé, au moins en partie, sous forme organique. En effet, l'importance de la fraction organique acido-soluble non hydrolysable du jéjunum et du sang porte conduit à penser que la caséine est

---

([3]) *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 83.

([4]) *Biochem. Ztschr.*, **262**, 1933, p. 9.

décomposée dans le jéjunum, dont elle traverse la paroi sous forme d'un composé organique phosphorylé non estérifié. Il est possible que ce composé soit la phospho-sérine.

CHIRURGIE. — *Sur une irrigation artificielle du cœur et de l'encéphale, avec survie de l'animal, après exclusion circulatoire momentanée des cavités gauches du cœur.* Note de MM. **Mejer Burstein** et **Jean-Paul Binet**, présentée par M. Léon Binet.

C. Crafoord et V. Björk, J. Gibbon, J. Jongbloed, J.-André Thomas ont réalisé ces dernières années des cœurs artificiels, plus exactement des systèmes mécaniques *cœur-poumon*. Ces appareils, basés sur un principe commun, comprennent un oxygénateur et une pompe destinée à aspirer le sang dans les branches afférentes des cavités droites du cœur, puis à le rejeter dans la grande circulation après avoir été chargé en oxygène. Malgré leur ingéniosité, ces dispositifs présentent des inconvénients de réalisation et restent d'un maniement délicat.

Aussi avons-nous pensé réaliser un système de dérivation du sang destiné à assécher seulement les cavités gauches du cœur avec un appareillage restreint, tout en maintenant artificiellement la circulation générale. Le principe de la méthode est le suivant : on se sert comme oxygénateur du poumon lui-même et l'on remplace le cœur gauche par une pompe artificielle, le cœur droit continuant à envoyer normalement du sang vers le poumon. En d'autres termes, on prélève le sang oxygéné à la sortie du poumon dans les veines pulmonaires et on le réinjecte par un perfuseur dans une artère à contre-courant, le cœur continuant à être irrigué par les coronaires nées juste au-dessus des valvules sigmoïdes qui se ferment automatiquement par la pression du sang introduit dans le système artériel.

En fait, en utilisant le perfuseur de Jouvelet dont le débit est relativement restreint (de l'ordre de 200 cm^3/min), nous avons réalisé une circulation réduite à l'encéphale et au myocarde. Par suite du faible débit du perfuseur, il nous a suffi d'un seul lobe et, pour des raisons techniques, nous avons choisi *le lobe inférieur du poumon gauche*.

L'expérience comprend les temps suivants :

Chez un chien en décubitus dorsal, anesthésié au chloralose, en respiration contrôlée, et hépariné à la fin de l'expérience, on pratique une thoracotomie gauche, le long du 5ᵉ espace sans résection costale.

Dès lors, il faudra successivement : *a.* isoler les deux branches artérielles du lobe supérieur gauche et les clamper; *b.* repérer la branche droite de l'artère pulmonaire pour pouvoir la clamper au moment de la mise en marche de la perfusion : ce qui est possible chez le Chien après ouverture du péricarde ;

c. isoler et lier l'artère sous-clavière gauche; *d.* clamper l'aorte au-dessous de l'origine de la sous-clavière gauche; *e.* repérer la veine pulmonaire inférieure gauche dans laquelle une canule coudée est introduite dans le sens du lobe; *f.* clamper la veine cave inférieure; *g.* capter le sang oxygéné à la sortie de la veine pulmonaire et l'envoyer dans la crosse aortique par une canule fixée dans le bout cardiaque d'une carotide. Un récipient est placé en dérivation sur ce système; il sert en quelque sorte de sas, se remplissant lorsque le perfuseur ne débite pas assez ou se vidant dans le cas contraire.

Quelques minutes après la mise en marche de l'appareil, et après avoir lié toutes les branches de l'artère pulmonaires autres que celles irriguant le lobe inférieur gauche, plus une goutte de sang ne pénètre dans l'oreillette gauche.

Avec cette technique, nous avons obtenu des survies qui vont jusqu'à deux heures trente minutes. L'arrêt de la perfusion entraîne la mort par arrêt cardiaque et chute de la pression artérielle. Par contre, le déclampage de l'artère pulmonaire et de l'aorte permet à l'animal de récupérer une circulation normale après l'arrêt de la perfusion.

En résumé, la technique que nous rapportons permet, avec une instrumentation non spécialisée, d'irriguer le myocarde et l'encéphale avec un sang oxygéné par le poumon lui-même : le cœur gauche est vide de sang. Des travaux en cours permettront d'élargir cette technique.

La séance est levée à 16^{h}.

R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 30 OCTOBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Stanislas Ulam**, Attaché au Laboratoire scientifique de Los Alamos, États-Unis.

M. **Roger Heim** s'exprime en ces termes :

La deuxième Assemblée Générale de l'*Union Internationale pour la Protection de la Nature* s'est tenue à Bruxelles du 18 au 23 octobre 1950. L'Académie avait bien voulu y déléguer M. A. Chevalier, qui ne put s'y rendre, M. M. Caullery et moi-même qui y assistèrent. Une fois de plus cette réunion a permis de mettre en évidence le danger grandissant qui menace partout à la surface de notre planète, les faunes, les flores et les sols, de plus en plus exposés aux effets de la monoculture extensive, des feux de brousse et de l'érosion. Un nouveau cri d'alarme a été jeté devant la situation tragique de l'Afrique, dont notre confrère M. A. Chevalier se faisait récemment ici-même l'écho. Partout, le capital que représentent les ressources naturelles dites renouvelables se trouve irrémédiablement exposé aux effets d'exploitations inspirées du profit immédiat et de l'ignorance.

L'Assemblée a rendu hommage à l'activité remarquable du Secrétariat et du Bureau de l'Union, en premier lieu de son Secrétaire général, M. J.-P. Harroy. Mais l'œuvre amorcée risque de ne point survivre si l'aide financière des Gouvernements continue à lui faire défaut. Seuls jusqu'ici le Luxembourg, la Hollande, la Suisse et la Belgique ont adhéré à l'Union. Le gouvernement de la France, pourtant puissance invitante lors de l'Assemblée constitutive de l'Union Internationale pour la Protection de la Nature, tenue à Fontainebleau en octobre 1948, n'a pas cru devoir répondre favorablement jusqu'ici à l'appel qui lui a été adressé ni satisfaire aux obligations morales qui découlaient de sa propre initiative.

A ce propos, il convient sans doute de calmer les inquiétudes que pourraient formuler les pouvoirs publics, en réaffirmant que les résolutions adoptées par l'Union ne sauraient lier automatiquement les Gouvernements participants

mais qu'elles ont seulement pour but de les informer et de les aider à établir des textes ou des règlements qui soient en harmonie avec ces résolutions.

L'U. N. E. S. C. O., en s'intéressant au domaine essentiel de l'éducation — inscrit en tête d'urgence parmi les préoccupations de l'Union — a pu apporter à celle-ci une aide matérielle indispensable, qui continue à s'appliquer à un programme précis en voie de réalisation, dont la matière est seule susceptible d'initier les opinions à la gravité des problèmes que pose la conservation des sols et de la vie sauvage. Mais d'autres besognes sont urgentes à couvrir : la diffusion d'informations, la documentation, les publications, le fonctionnement d'un service de sauvegarde des espèces en voie de disparition. La compréhension des pouvoirs publics, des autorités dans nos territoires africains, des groupements scientifiques du monde entier, est indispensable à la poursuite de l'œuvre entreprise dont il n'est pas exagéré de dire que l'avenir même de l'Humanité dépend en partie.

L'Académie ne manquera pas de continuer à marquer l'intérêt qu'elle porte aux problèmes qui sont la raison d'être de l'U. I. P. N., ainsi qu'au développement de cette Union et à l'efficacité de son action.

M. **Maurice de Broglie** fait hommage d'un Ouvrage de M. René Renault, intitulé : *Chimie nucléaire*, dont il a écrit la *Préface*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Louis Fage** :

René Jeannel. *Hautes montagnes d'Afrique. Vers les neiges éternelles sous l'Équateur.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco.* Fascicules 109 et 110.

2° *Résistance des matériaux et élasticité.* Cours professé à l'École des Ponts et Chaussées, par Gaston Pigeaud, Troisième édition. Tome II.

3° Mémorial des Sciences mathématiques. Fascicule 100 : *Formulaire pour le calcul symbolique*, par MM. N. W. Mc Lachlan et Pierre Humbert. Deuxième édition.

4° Id. Fascicule 113 : *Supplément au formulaire pour le calcul symbolique*, par MM. N. W. Mc Lachlan, Pierre Humbert et L. Poli.

5° Id. Fascicule 114 : *Les fonctions définies-positives et les fonctions complètement monotones. Leurs applications au Calcul des Probabilités et à la Théorie des espaces distancés*, par M. Ky Fan.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur les approximations diophantiennes linéaires réelles* (I). *Problème homogène.* Note (*) de M. **Claude Chabauty** et Mlle **Elisabeth Lutz**, présentée par M. Paul Montel.

On pose $L_i(X, A) = a_{i1}x_1 + \ldots + a_{iq}x_q + u_i$, $1 \leqq i \leqq p$, $p+q=n$, $X=(x_1, \ldots, u_p) \in \mathfrak{X}$, $A=(a_{11}, \ldots, a_{pq}) \in \mathfrak{A}$; $\mathfrak{X}$, resp. $\mathfrak{A}$, espace numérique réel à n, resp. pq dimensions; $L(X, A) = \mathrm{Max}(|L_i(X, A|)$, $H(X) = \mathrm{Max}(|x_j|)$, $K(A) = \mathrm{Max}(|a_{ij}|)$. Pour A fixe les $L_i(X, A)$ forment un système linéaire en X qu'on notera L_A, $L_A \prec \varphi$ signifiera que pour tout t assez grand il y a une solution X entier $\neq 0$ à $L(X, A) \leqq \varphi(t)$, $H(X) \leqq t$. $X \in \mathfrak{X}$ et $\neq 0$ étant donné on note $V(X)$ la variété $L(X, A) = 0$ dans $\mathfrak{A}$. Étant donné un polynome $P \not\equiv 0$ en a_{ij} et à coefficients *entiers* b_s, b_0 étant le terme constant, $\mathrm{Max}(|b_s|; s \neq 0) + d^0 P - 1$ s'appellera la *hauteur* de P et de l'hypersurface W définie dans $\mathfrak{A}$ par $P = 0$. On note $S(h)$ la réunion des W de hauteur $\leqq h$. $A \in \mathfrak{A}$ sera dit *libre* s'il n'est dans aucun $S(h)$. Si A n'est pas libre on note $I(A)$ le plus petit h tel que $A \in S(h)$.

Théorème I. — *Si* $p < n/2$ *on peut trouver un élément libre* $T \in \mathfrak{A}$ *tel que* $L_T \prec \varphi$, $\varphi(t)$ *étant une fonction* > 0 *décroissante arbitraire.*

On construira en effet une suite de points rationnels $A_h \in \mathfrak{A}$, une suite de points entiers $X_h \in \mathfrak{X}$ avec $H(X_{h+1}) > H(X_h)$, $L(X_h, A_h) = 0$, et une suite d'ensembles D_h de $\mathfrak{A}$ définis par $L(X_h, A) < \varphi(H(X_{h+1}))$, $K(A - A_h) < c_h$, c_h constante > 0 telle que $\overline{D}_{h+1} \subset D_h \cap \complement S(h)$. Les $\overline{D}_h$ ont un point commun T nécessairement libre, tel que $L(X_h, T) \leqq \varphi(H(X_{h+1}))$ pour tout h, d'où $L_T \prec \varphi$. Construisons ces suites. On prend $A_1 \in \mathfrak{A}$ rationnel $\neq 0$ arbitraire, $X_1 \in \mathfrak{X}$ solution entière $\neq 0$ de $L(X, A_1) = 0$, puis $P_1 \in \complement S(H(X_1))$ et rationnel. Le système $L(X, A_1) = 0$ et $L(X, P_1) = 0$ admet une solution X_2 entière $\neq 0$ et par construction $H(X_2) > H(X_1)$. On définit alors D_1 par $L(X_1, A) < \varphi(H(X_2))$ et $K(A_1 - A) < c_1$, $c_1 > 0$ et assez petit pour que $\overline{D}_1 \subset \complement S(I(A_1) - 1))$. Comme $P_1 \in V(X_2)$ variété algébrique irréductible, et $P_1 \notin S(H(X_1))$, $S(H(X_1))$ ne peut contenir un voisinage de A_1 sur $V(X_2)$ donc on peut trouver A_2 rationnel sur $V(X_2) \cap D_1 \cap \complement S(H(X_1))$ et par conséquent $I(A_2) > I(A_1)$. On voit aisément qu'on peut continuer la construction et obtenir les suites voulues. On peut montrer qu'on a un résultat analogue pour $p \geqq n/2$ si l'on remplace les W par une famille dénombrable de variétés algébriques de dimensions $\leqq pq - 2p + n + 1$ (dimension du cône F engendré par les $V(X)$ passant par un $A \in \mathfrak{A}$ donné).

(*) Séance du 23 octobre 1950.

Appelons pn^{-1} l'indice du système L_A; nous dirons que A est *impur* si l'on peut trouver un système $L_{A'}$ d'indice $p'n'^{-1} > pn^{-1}$ et *subordonné* à L_A [i. e. il existe une substitution linéaire homogène à coefficients entiers $X = \mathfrak{T}(X')$ telle que $L(\mathfrak{T}(X'), A) = 0$ définisse dans l'espace $\mathfrak{X}'$ des X' la même variété que $L(X', A') = 0$].

THÉORÈME II. — *Si* $p \leq 2(n-1)/3$ *on peut trouver un élément pur* $T \in \mathfrak{A}$ *tel que* $L_T \prec \varphi$, $\varphi(t)$ *étant une fonction* > 0 *décroissante arbitraire.*

En effet les $A \in \mathfrak{A}$ impurs forment une famille dénombrable de variétés de dimensions $\leq pq - q + 1 \leq pq - 2p + n + 1$.

THÉORÈME III. — *Si* $n/2 < p < n$ *il existe un* $A \in \mathfrak{A}$ *libre tel que*

$$L_A \prec \psi(t)\, t^{-q/(p-1)},$$

$\psi(t)$ *étant une fonction* > 0 *croissante tendant vers* $+\infty$ *avec* t.

Soit $s = \chi(t)$ la fonction définie par $2nt = \psi(s)^{p-1}$ et $\varphi(t) = 2^{-1}\chi(t)^{-n}$. Soit $L_j^*(Y, A^*) = y_j - a_{1j}v_1 - \ldots - a_{pj}v_p$, $j = 1, \ldots, q$ un système avec A^* pur et $L_{A^*}^* \prec \varphi$, où $L^*(Y, A^*) = \mathrm{Max}(|L_j^*(Y, A^*)|)$, $H^*(Y) = \mathrm{Max}(|v_i|)$. Prenons $L_i(X, A) = a_{i1}x_1 + \ldots + a_{iq}x_q + u_i$, $i = 1, \ldots, p$. On a pour tout X et tout Y

$$(1) \qquad n(LH^* + L^*H) \geq |\Sigma L_i v_i + \Sigma L_j^* x_j| = |\Sigma u_i v_i + \Sigma x_j y_j| = |XY|.$$

Supposons l'énoncé faux. Pour des valeurs arbitrairement grandes de z il n'y a pas de solution entière $\neq 0$ à $L(X, A) \leq \psi(z)\, z^{-q/(p-1)}$ et $H(X) \leq z$.

Par un théorème connu de Minkowski, il en résulte que pour ces z, il y a n solutions entières linéairement indépendantes à

$$(2) \qquad L(X, A) < \psi(z)^{1-p}, \qquad H(X) < z^{\frac{(n-1)}{(p-1)}}\psi(z)^{-p}.$$

Etant donné une solution entière $Y \neq 0$ à $L^*(Y, A^*) \leq \varphi(t)$, $H^*(Y) \leq t$, associons une solution entière X de (2) telle que $XY \neq 0$; alors (1) devient

$$(3) \qquad t\psi(z)^{1-p} + \varphi(t)\,\psi(z)^{-p} z^{\frac{(n-1)}{(p-1)}} \geq n^{-1},$$

qui, pour $t = (2n)^{-1}\psi(z)^{p-1}$ (valeur acceptable si z assez grand), conduit à une contradiction avec le choix de φ.

En particulier, *pour toute « signature »* (p, n) $(1 \leq p < n)$, *différente de la signature* $(1, 2)$ *il y a des* A *purs tels que* $L_A \prec t^{\varepsilon - q/p}$ pour $\varepsilon > 0$ convenable. Ces résultats généralisent des résultats connus de Kintchine [1].

[1] *Cf.* KOSMA, *Diophant. Approx.*, *Erg. Math.* 4, Springer, 1936, p. 69, th. 8.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques applications d'un théorème de Laguerre-Polya.* Note de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Application d'un théorème de Laguerre à l'étude des zéros réels de certaines transcendantes.

Laguerre (*Œuvres*, t. I) a énoncé et M. Polya[1] a établi le théorème suivant : soit l'intégrale *réelle*

$$\varphi(s)=\int_0^\infty e^{-st}f(t)\,dt$$

convergente pour $s>s_0$, si la fonction $f(t)$ est telle que l'on puisse partager l'intervalle $(0, +\infty)$ en $\nu+1$ intervalles partiels de manière que :

1° $f(t)$ ne soit identiquement nulle dans aucun de ces intervalles ;

2° $f(t)$ soit de même signe dans chacun d'eux séparément ;

3° $f(t)$ soit de signe contraire dans deux intervalles voisins, alors la fonction $\varphi(s)$ a au plus ν zéros *réels* supérieurs à s_0.

Nous nous proposons de montrer sur des exemples comment ce théorème permet d'étudier le nombre des zéros réels de diverses fonctions définies par une intégrale dépendant d'un paramètre.

Dans ce qui suit, $P_m(t)$ représentera un polynome de degré m ayant μ zéros réels positifs distincts.

1. Soit la fonction

$$f(t)=e^{-x_0t}P_m(t) \qquad (x_0 \text{ réel}).$$

Posons, au sens de Laplace, $P_m(t)\supset\varphi(s)$; l'image de $f(t)$ est $\varphi(s+x_0)$. Envisageons maintenant la fonction $t^nf(t^2)$ $(n>0)$:

$$t^nf(t^2)=t^ne^{-x_0t^2}P_m(t^2).$$

Pour que cette fonction ait une image il faut $x_0>0$, alors $s_0=-\infty$; d'autre part $t^nf(t^2)$ présente $\mu+1$ intervalles satisfaisant au théorème de Laguerre, son image aura donc au plus μ zéros réels positifs. Il en résulte que la fonction

$$\int_0^\infty e^{-\frac{s^2x}{2}}He_n\left(\frac{sx}{2}\right)\varphi(x^{-1}+x_0)x^{\frac{n-1}{2}}\frac{dx}{2}\subset t^nf(t^2),$$

où $\varphi(s)$ est l'image de $P_m(t)$ et $He_n(t)$ le polynome d'Hermite d'ordre n, *aura au plus* μ *zéro réels*, sous réserve de la convergence de l'intégrale.

2. Soit toujours la fonction $f(t)=e^{-x_0t}P_m(t)$ et considérons la fonction

$$f(e^t-1)=e^{x_0}e^{-x_0e^t}P_m(e^t-1) \qquad (x_0>0)$$

---

(1) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 996.

$f(e^t-1)$ présente $\mu+1$ intervalles satisfaisant aux conditions du théorème avec $s_0=-\infty$; il s'ensuit que la fonction

$$\frac{1}{s\Gamma(s)}\int_0^\infty e^{-x}x^s\varphi(x+x_0)\subset f(e^t-1),$$

où $\varphi(s)\subset P_m(t)$, *admet au plus* μ *zéros réels*.

3. Soit la fonction $f(t)=e^{-\frac{1}{t}}P_m(t)$ et considérons la fonction $t^\nu f\left(\frac{1}{t}\right)$; on a

$$t^\nu f\left(\frac{1}{t}\right)\supset s^{-\frac{\nu+1}{2}}\int_0^\infty J_{\nu+1}(2\sqrt{xs})x^{\frac{\nu+1}{2}}\varphi(x)\,dx,$$

où

$$\varphi(s)\subset e^{-\frac{1}{t}}P_m(t)$$

Or,

$$t^\nu f\left(\frac{1}{t}\right)=t^\nu e^{-t}P_m\left(\frac{1}{t}\right).$$

Supposons $\nu\geqq m$, cette fonction admet une image; d'autre part on peut définir $\mu+1$ intervalles satisfaisant aux conditions précitées, avec $s_0=-1$.

Ainsi, sous réserve de la convergence de l'intégrale, et si $\nu\geqq m$, la fonction

$$s^{-\frac{\nu+1}{2}}\int_0^\infty J_{\nu+1}(2\sqrt{xs})\,x^{\frac{\nu+1}{2}}\varphi(x)\,dx$$

admet au plus μ *zéros réels supérieurs à* -1.

4. On pourrait multiplier les applications; par exemple, si $f(t)\supset\psi(s)$ on sait que

$$f(t)\,{}^{\text{ch}}_{\text{sh}}(\alpha t)\supset\frac{1}{2}[\psi(s-\alpha)\pm\psi(s+\alpha)].$$

Les fonctions $f(t)\,{}^{\text{ch}}_{\text{sh}}(\alpha t)$ ont le même nombre de zéros réels que $f(t)$, mais l'abscisse de convergence peut être différente, soit s'_0 sa valeur. Le théorème de Laguerre-Polya permet immédiatement de trouver le nombre maximum des zéros réels des fonctions $\psi(s-\alpha)\pm\psi(s+\alpha)$, supérieurs à s'_0.

Cette remarque appliquée, par exemple, aux fonctions faisant l'objet des sections précédentes conduit à des résultats qui seront, avec d'autres, publiés dans un autre Recueil.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie du tétraèdre.*

Note (*) de M. **Alphonse Marmion**, présentée par M. Élie Cartan.

La présente Note fait suite à une Note antérieure ([1]) dont nous conservons les notations.

(*) Séance du 3 juillet 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1924-1926.

La cubique gauche lieu des orthopôles des droites d'un faisceau de centre O et de plan P devient une cubique plane à point double, dans le plan podaire de O, lorsque ce point est sur la surface S, une droite dans le plan podaire perpendiculaire à la direction des droites du faisceau lorsque O est à l'infini. Lorsque P est parallèle à une arête de T′ il y a une droite adjointe dans le faisceau et, la cubique contenant une droite d'orthopôles, le véritable lieu est une conique. C'est une droite lorsque P est parallèle à deux arêtes opposées de T′. Lorsque P est un plan adjoint, toutes les droites du faisceau ont même orthopôle ω et la cubique se réduit à trois droites d'orthopôles issues de ω.

Le lieu des orthopôles des droites d'un plan P *est une surface réglée unicursale* R, *du* 5e *ordre, qui contient les hauteurs de* T′. Elle coupe le plan de l'infini suivant trois droites et une conique, qui est déterminée par les points à l'infini des hauteurs de T′ et le point à l'infini I des perpendiculaires au plan P. Les génératrices de R sont les trisécantes d'une courbe gauche du 6e ordre qui a un point triple en I et est courbe double de la surface. Les plans bitangents de R forment une développable de 6e classe ayant le plan de l'infini pour plan tangent triple. *La surface* R *a même contour apparent sur le plan* P *que la surface* N.

Lorsque P est parallèle à une arête de T′, R contient un paraboloïde hyperbolique engendré par les droites d'orthopôles des droites adjointes et le véritable lieu est une surface réglée du 3e ordre. C'est un plan si P est parallèle à deux arêtes opposées de T′. Si P est un plan adjoint toutes les droites ont même orthopôle et la surface R se réduit au lieu des droites d'orthopôles des droites adjointes du plan (3 plans à distance finie).

Le lieu des orthopôles des droites d'une série réglée d'ordre n est une courbe d'ordre $3n$ *ayant n points sur chaque hauteur de* T′. En particulier le lieu des orthopôles des droites d'un système réglé d'une quadrique est une courbe gauche du 6e ordre et les courbes relatives aux deux systèmes réglés d'une même quadrique coupent chaque hauteur de T′ aux deux mêmes points.

Le lieu des orthopôles des droites d'un cône d'ordre n, de sommet O *est une courbe d'ordre* $3n$ située sur la surface cubique lieu des orthopôles des droites de la gerbe de centre O et *ayant un point multiple d'ordre n en chacun des quatre points doubles de cette surface.*

Le lieu des orthopôles des tangentes à une courbe plane de classe n, de plan P *est une courbe d'ordre* $3n$ située sur la surface R relative au plan P, surface dont elle rencontre chaque génératrice en n points.

Le lieu des orthopôles des droites d'une congruence (m, n) *est une surface d'ordre* $3m+5n$ qui contient les hauteurs de T′ comme droites multiples d'ordre n. Elle contient aussi $6m$ droites qui rencontrent chacune deux hauteurs de T′ (les droites d'orthopôles des $6m$ droites adjointes appartenant à la congruence).

On sait que le lieu des droites qui ont un orthopôle donné est une surface

réglée du 8e ordre contenant les arêtes de T([2]). *Toutes ces surfaces contiennent les droites à l'infini des faces de* T′ et les courbes du 4e ordre suivant lesquelles elles coupent en outre le plan de l'infini passent par les six points adjoints.

Les droites qui ont leur orthopôle sur une courbe d'ordre n engendrent une congruence ($3n$, $5n$).

Les droites qui ont leur orthopôle sur une surface d'ordre n engendrent un complexe d'ordre $3n$. Le complexe a n plans principaux parallèles à chaque face de T′, soit $4n$ au total, dont toutes les droites appartiennent au complexe. Il a 6 points principaux, les points adjoints, toutes les droites issues de ces points étant droites multiples d'ordre n du complexe.

Les droites qui ont leur orthopôle à l'infini sont celles qui rencontrent la courbe à l'infini de la surface S (complexe cubique spécial). Dans ce cas le complexe a une infinité de points principaux et les plans principaux coïncident avec le plan de l'infini.

Les droites qui ont leur orthopôle sur l'hyperboloïde des hauteurs forment un complexe de degré 6 qui se décompose en 4 complexes linéaires spéciaux ayant comme axes les droites à l'infini des faces de T′ et le complexe tétraédral de T auquel appartiennent les droites rencontrant les hauteurs de T.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur le principe de décomposition spectrale dans la théorie des particules de spin supérieur à* 1/2. Note de M. **Serge Slansky**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'application du principe de décomposition spectrale à la fonction d'onde d'une particule de spin 1 ou supérieur n'est généralement légitime que pour les opérateurs dont les fonctions propres satisfont les équations d'ondes. Il en résulte une distinction entre la densité de valeur moyenne de la position et la densité de probabilité de présence de particule.

1. La particule de spin maximum $s = n/2$ résultant de la fusion de n corpuscules de spin 1/2 admet n équations d'ondes qui ne sont compatibles (pour $s \geqq 1$) que si la fonction d'onde initiale satisfait $(n-1)$ équations de condition ([1]) de la forme

$$(1) \qquad G_q \Psi = \left[\frac{\vec{\alpha}^{(1)} - \vec{\alpha}^{(q)}}{2} \vec{p} + \frac{\alpha_4^{(1)} - \alpha_4^{(q)}}{2} m_0 c \right] \Psi = 0.$$

Si l'on prend un opérateur quelconque satisfaisant aux conditions généralement imposées aux opérateurs représentant des grandeurs physiques (valeurs propres réelles, système complet de fonctions propres), il peut arriver que ses fonctions propres ne satisfassent pas les équations (1), donc ne repré-

([2]) C. Servais, *Bull. Acad. Belgique*, 1922, 3e communication, § 29.

([1]) L. de Broglie, *Théorie générale des particules à spin*.

sentent pas des états possibles de la particule. Cela signifie que l'état de la particule après la mesure ne peut être décrit par la fonction Ψ (pour le décrire il faudrait remplacer Ψ par une fonction plus générale définie dans l'espace de configuration du système formé par les constituants élémentaires de la particule). Il en résulte que dans ce cas les coefficients du développement de Ψ suivant les fonctions propres de l'opérateur n'ont pas une signification physique directe, et le principe de décomposition spectrale peut perdre sa valeur. On peut ainsi expliquer le fait, signalé précédemment ([2]), que l'expression de certaines valeurs moyennes en théorie du photon peut différer de celle que donnerait l'application directe des principes généraux.

L'application du principe de décomposition spectrale à la fonction d'onde d'une particule de spin supérieur à 1/2 n'est donc légitime, en général, que pour les opérateurs dont les fonctions propres satisfont les équations de condition (1).

Si cette condition est remplie, on peut considérer le carré du module du coefficient d'une fonction propre dans le développement de la fonction d'onde comme la probabilité de la valeur propre correspondante, à condition de prendre pour les fonctions propres la même normalisation que pour Ψ. Comme on sait, on prend comme condition de normalisation de Ψ

$$\int \Psi^* \frac{B_4^{(1)} + \ldots + B_4^{(n)}}{n} \Psi \, dx\, dy\, dz = 1, \tag{2}$$

avec

$$B_4^{(p)} = A_0 \alpha^{(p)}, \qquad A_0 = \prod_p \alpha_4^{(p)}. \tag{3}$$

2. Des considérations précédentes on déduit que le principe de décomposition spectrale peut s'appliquer à des grandeurs comme l'énergie ou le spin, par exemple. En effet, les équations d'onde peuvent être satisfaites par des ondes planes monochromatiques qu'on peut diviser en composantes correspondant aux différents états de spin. Par contre, on peut montrer qu'en général le principe de décomposition spectrale ne s'applique pas aux coordonnées x, y, z. En effet, en appliquant aux premiers membres des équations (1) l'opérateur A_0, en intégrant dans tout l'espace et en séparant la partie réelle de la partie imaginaire dans l'intégrale, on trouve que toute solution de (1) vérifie les relations

$$\int \Psi^* \frac{B_4^{(1)} - B_4^{(q)}}{2} \Psi \, dx\, dy\, dz = 0. \tag{4}$$

Supposons que toutes les fonctions propres de x, y, z qui se trouvent dans le développement de Ψ satisfassent la relation (4). Cette relation devrait alors être vérifiée par une fonction qui serait égale à Ψ dans une région de l'espace et nulle ailleurs, donc elle serait vérifiée par Ψ indépendamment du domaine

---

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 275-276 et 404-406.

d'intégration. On devrait alors avoir en chaque point

$$\Psi^* \frac{B_4^{(1)} - B_4^{(q)}}{2} \Psi = 0, \tag{5}$$

relation qui est vérifiée par une onde plane monochromatique, mais généralement pas pour une fonction d'onde quelconque. Nous déduisons de là qu'en dehors du cas particulier où Ψ vérifie la relation (5), la quantité

$$\rho = \Psi^* \frac{B_4^{(1)} + \ldots + B_4^{(n)}}{n} \Psi$$

n'a pas le sens physique d'une densité de probabilité de présence, mais représente simplement une densité de valeur moyenne de la position de la particule.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Détection et mesure directe de l'astigmatisme d'ellipticité d'une lentille électronique.* Note (*) de M. **Raymond Castaing**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'observation de la distorsion affectant l'image d'un fil au microscope à ombre constitue une méthode de détection sensible de l'astigmatisme d'ellipticité d'une lentille électronique.

Nous avons appliqué à une lentille électronique électrostatique ($f = 14^{mm}$, $C_s = 20^{cm}$) la méthode de détection et de mesure de l'astigmatisme d'ellipticité décrite dans une Note précédente ([1]). La lentille était utilisée comme seconde lentille réductrice dans un microscope à ombre, le diamètre gaussien de la sonde obtenue étant voisin de $0^{\mu},1$. L'objet, constitué par un fil très fin coupant perpendiculairement le rayon moyen, était projeté par le faisceau d'électrons sur un écran fluorescent placé à 55^{cm} environ de la lentille. Par légère modification de la distance focale au moyen d'un potentiomètre haute tension, la sonde pouvait être abaissée progressivement de manière à traverser le plan de l'objet; on réalise ainsi un dispositif équivalent à celui décrit précédemment ([1]).

Les fils utilisés, dont le diamètre pouvait être inférieur à $0^{\mu},1$, étaient des fils de plexiglass obtenus par étirage d'une solution concentrée de plexiglass dans l'aniline; ils étaient ensuite métallisés par vaporisation de chrome dans le vide, de façon à les rendre conducteurs et résistants au bombardement électronique.

La succession des images obtenues par variation de la mise au point pour un fil de diamètre $0^{\mu},3$ environ orienté à 45° des focales est représentée sur la figure 1 *b*. La grande ouverture utilisée ($\alpha = 1/20$ environ) permet l'obser-

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 835.

vation de l'ensemble du phénomène de distorsion. On peut voir la concordance des images expérimentales avec les courbes théoriques représentées sur la figure 1 *a* et déduites de l'assimilation de la surface d'onde à un ellipsoïde à trois axes inégaux ([1]).

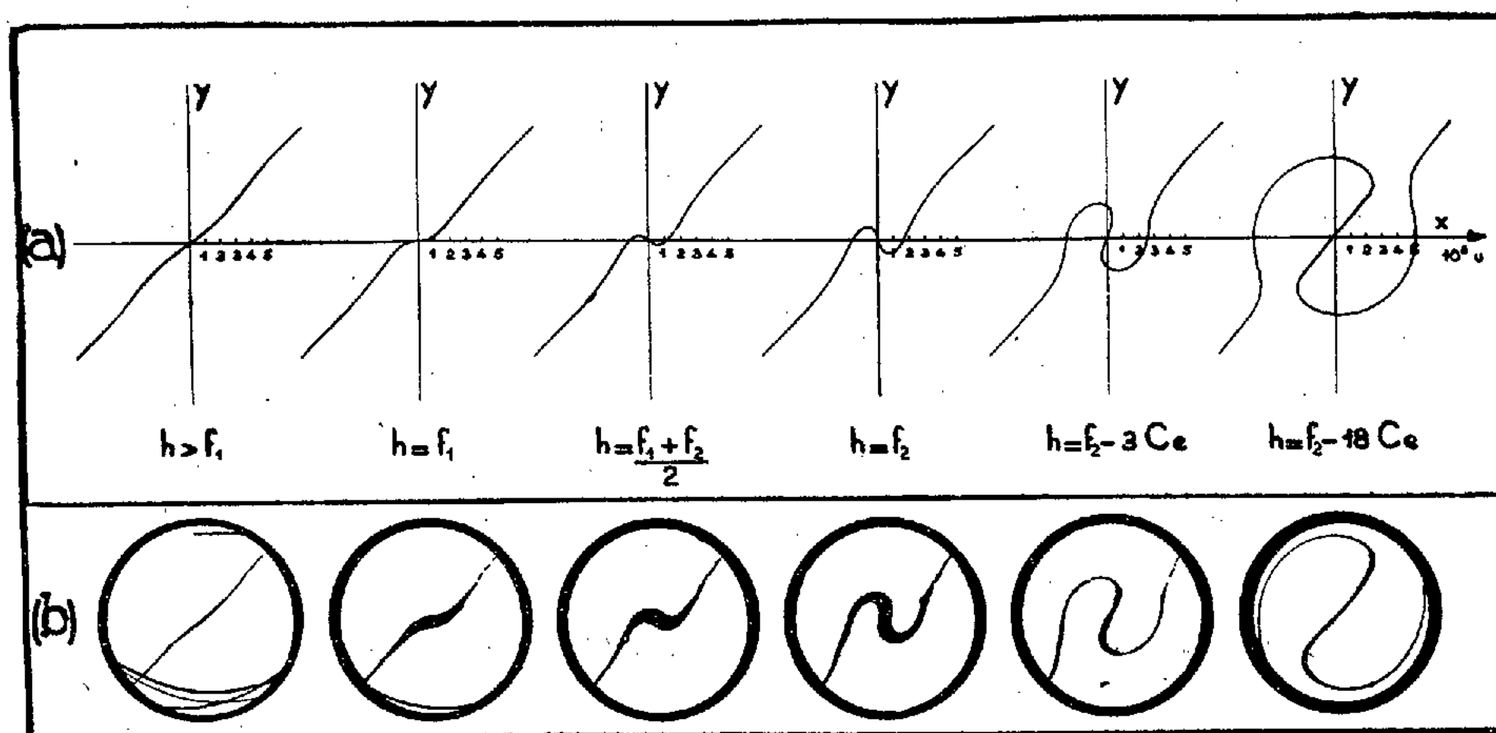


Fig. 1.

L'image n° 3, qui correspond à une position du fil à mi-distance entre les deux focales, recoupe la direction de la deuxième focale à la demi-ouverture $u_0 = 1,15.10^{-2}$. On peut en déduire le coefficient d'astigmatisme $C_e = 27^{\mu}$ par la relation $C_e = C_s u_0^2$ ([1]). Il s'agit là d'un astigmatisme artificiellement renforcé, le coefficient d'astigmatisme propre de la lentille fraîchement nettoyée étant de l'ordre de 10^{μ}.

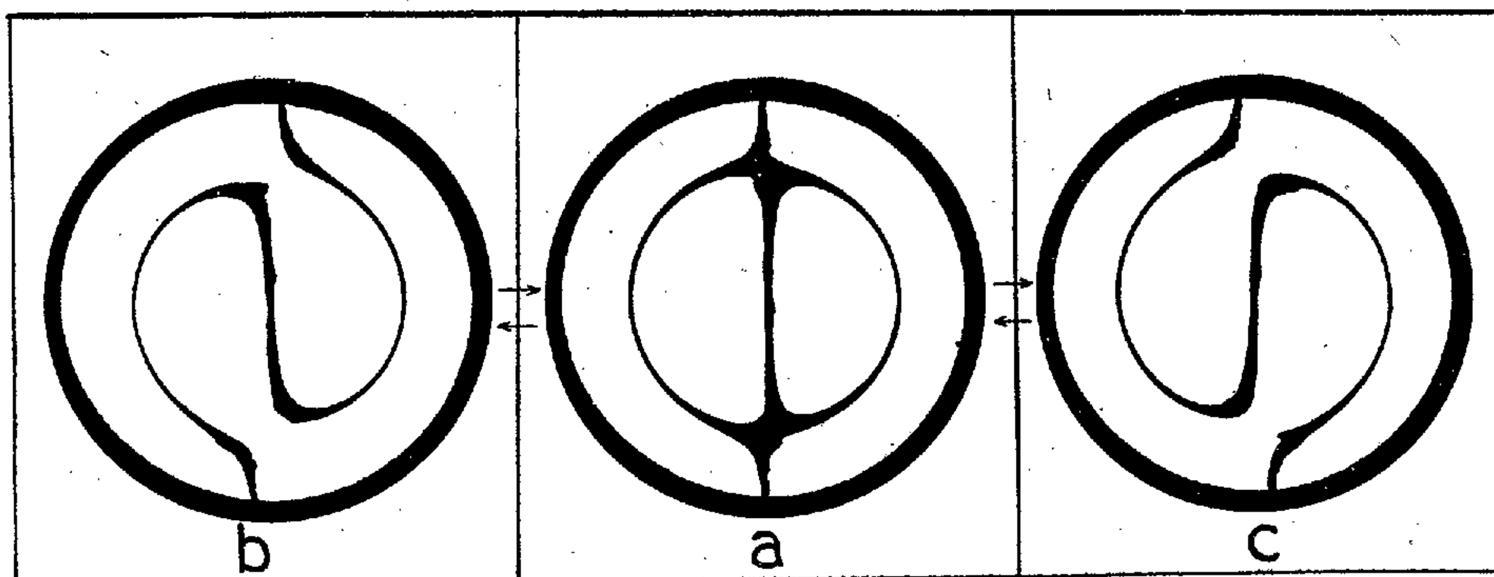


Fig. 2.

Cette méthode nous a permis de suivre la variation et la disparition de l'astigmatisme d'ellipticité lors de la mise en œuvre d'un dispositif correcteur analogue à celui proposé par Bertein ([2]). Par correction de l'astigmatisme,

---

([2]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 801-803.

l'image n° 6 de la figure 1 *b* passe à l'aspect droite + cercle représenté sur la figure 2 *a* et dans lequel la distorsion est due à la seule aberration sphérique. Un déréglage du système correcteur entraînant un astigmatisme résiduel $\Delta C_e = 0^{\mu},5$ suffit à faire tendre l'image vers l'un ou l'autre des aspects 2 *b* ou 2 *c*, ce qui montre la sensibilité de cette méthode de détection. Son principal

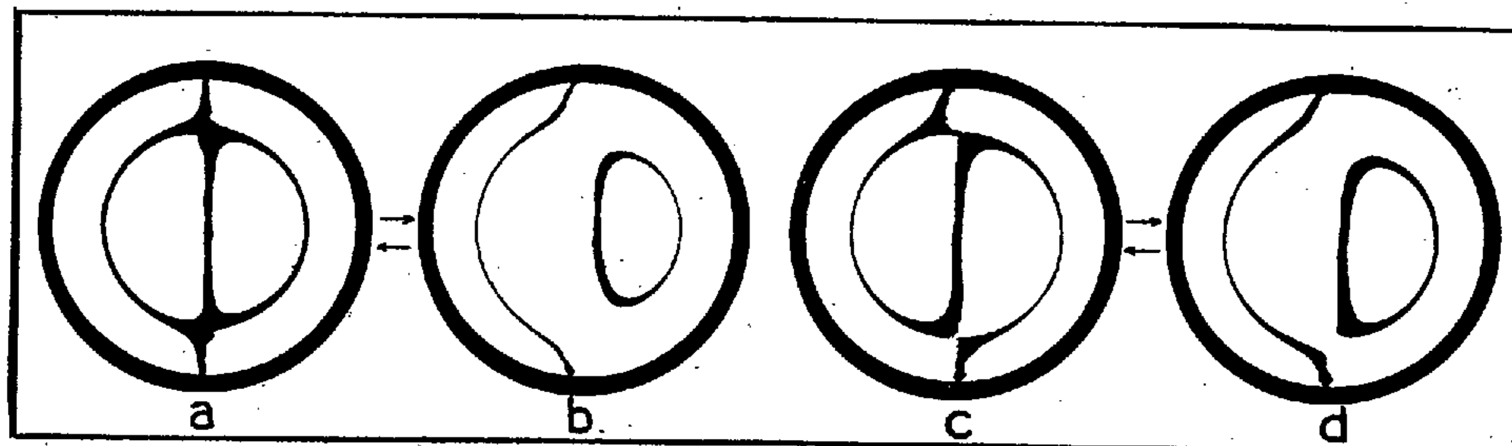


Fig. 3.

avantage consiste d'ailleurs dans le fait qu'elle s'applique à la lentille seule et n'est pas influencée par les défauts externes de l'appareil (instabilités électriques, vibrations mécaniques ou électromagnétiques). Une vibration par exemple fait osciller l'image entre les aspects représentés sur les figures 3 *a* et 3 *b* (image moyenne à symétrie axiale) dans le cas d'une lentille dépourvue d'astigmatisme, ou bien entre les aspects 3 *c* et 3 *d* (image moyenne dissymétrique) dans le cas d'une lentille astigmatique.

EFFET RAMAN. — *Les fréquences de vibration des hydrates d'ions.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Jean Cabannes.

La fréquence de pulsation des assemblages octaédriques ou tétraédriques formés par les cations hydratés a été mise en évidence dans le spectre Raman de sels cristallisés.

La recherche des raies Raman dues aux hydrates de cations, de formule $Me(OH_2)_n$, a été faite dans le spectre des solutions de sels de magnésium et d'aluminium par Silveira ([1]). Cet auteur a observé des raies larges ou des bandes, situées entre 350 et 400 cm^{-1}, auxquelles il a attribué l'origine cherchée. La question est cependant compliquée par l'existence dans cette région du spectre, d'une part de bandes Raman dues à l'eau pure ([2]), d'autre part de bandes attribuées à des molécules indissociées de l'électrolyte dissous, aux fortes concentrations étudiées ([3]).

Nous avons étudié le spectre Raman de monocristaux de sels hydratés, où

([1]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 416; **197**, 1933, p. 1035.
([2]) M. Magat, *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1981.
([3]) J. H. Hibben, *J. Chem. Phys.* **5**, 1937, p. 710.

l'analyse au moyen des rayons X ([4]) montre l'existence de groupements $Me(OH_2)_6$ et où les complications précédentes n'existent plus. En même temps, nous avons pris le spectre des solutions aqueuses de certains de ces sels. Dans tous les cas, nous avons pu mettre en évidence au moins une raie polarisée, toujours large, dont la fréquence varie peu avec la nature de l'anion du sel, et qui est vraisemblablement due à la pulsation totalement symétrique de l'octaèdre $Me(OH_2)_6$.

$(SO_4)[Mg(OH_2)_6]$, OH_2 orthorhombique : $\Delta\nu = 382$ cm^{-1}; solution $(NO_3)_2Mg$, 3N : 380; solution Cl_2Mg : 376 ([1]).

$(SO_4)[Zn(OH_2)_6]$, OH_2 orthorhombique : 371; $(NO_3)_2[Zn(OH_2)_6]$ monoclinique : 377; $(BrO_3)_2[Zn(OH_2)_6]$ cubique : 370; $(ClO_4)_2[Zn(OH_2)_6]$ orthorhombique : 380; $(SiF_6)[Zn(OH_2)_6]$ rhomboédrique : 388; $(SnF_6)[Zn(OH_2)_6]$ rhomboédrique : 388; solution $(NO_3)_2Zn$, 7N : 387; solution SO_4Zn, 5N : 370 (bande large); solution Cl_2Zn : 396 ([5]).

Ces résultats confirment l'interprétation de Bauer et Silveira. Un certain nombre de raies observées dans le spectre Raman de cristaux d'autres cations pourraient recevoir la même interprétation : $Al(OH_2)_6$, $\Delta\nu = 326$ dans l'alun de potassium cristallisé ([6]); 396 dans les solutions de sulfate et de nitrate ([1]); $Cu(OH_2)_4$: 401 dans $(NO_3)_2Cu$, $9OH_2$; 390 à 435 dans les solutions de $(NO_3)_2Cu$ de 2N à 10N ([7]).

On peut calculer la fréquence totalement symétrique d'un ion hydraté $Me(OH_2)_6$ en forme d'octaèdre régulier, en admettant que l'énergie potentielle d'une molécule d'eau a l'expression :

$$U = -\frac{\mu z e}{r^2} - \frac{\alpha z^2 e^2}{2r^4} - \frac{11,24.10^{-24}\alpha^{\frac{3}{2}} s^{\frac{1}{2}}}{r^6} + \frac{\mu^2 D}{r^3} + \frac{K}{r^n}.$$

Les quatre premiers termes, qui tiennent compte des énergies de Coulomb, de polarisation et de dispersion des molécules d'eau dans le champ de l'ion, ainsi que de leur répulsion mutuelle, ont été discutés par Bernal et Fowler ([8]); le dernier est un terme de répulsion entre le cation et l'eau. En prenant, pour $Mg(OH_2)_6$: $\mu = 1,87.10^{-18}$, $z = 2$, $e = 4,81.10^{-10}$, $\alpha = 1,48.10^{-24}$, $s = 8$, $D = 1,188$, $n = 7$ (comme dans MgO), la condition $\frac{\partial U}{\partial r} = 0$ pour $r = 2,18$ Å donne $K = 2,86.10^{-58}$, ce qui permet de calculer $\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = f$ et la fréquence cherchée $\Delta\nu = \sqrt{\frac{f}{m}}$. On trouve $\Delta\nu = 381$ cm^{-1}.

([4]) *Strukturberichte*, passim.

([5]) J. H. Hibben, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **18**, 1932, p. 532.

([6]) J. P. Mathieu et M. Tobailem, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 127.

([7]) Nous n'avons jamais retrouvé la bande $\Delta\nu = 279$ cm^{-1} que signale Silveira (*Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 652).

([8]) J. *Chem. Phys.*, **1**, 1933, p. 535.

PHOSPHORESCENCE. — *Séparation des spectres dans les proches couches extérieures des corps phosphorescents à composition variable.* Note (*) de M. **Boris Prégel**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons avons montré qu'il est possible de modifier le déclin de la luminescence par des processus intrinsèques de substitution. De tels processus, pour des combinaisons physico-chimiques à composition variable, sont représentés par des fonctions intégrales de forme

$$\theta = \int c^{\frac{1}{\mathfrak{C}}} n_0 e^{-\frac{t}{\mathfrak{C}}} d\mathfrak{C},$$

dans cette expression θ est la représentation fonctionnelle du déclin de la luminescence; c une constante; $\mathfrak{C}$ la période moyenne d'excitation; n_0 le nombre moyen des électrons actifs et t le temps.

Généralement cette expression intégrale doit être utilisée entre deux valeurs limites de bandes spectrales $\mathfrak{C}_A$ et $\mathfrak{C}_B$.

On observe sur les photographies de spectres, qu'on appelle des spectres corpusculaires présentant des discontinuités brusques d'opacité. Dans ces conditions nous aurons théoriquement une représentation de la forme

$$\theta = \int_A^a c\frac{1}{\mathfrak{C}} n_0 e^{-\frac{t}{\mathfrak{C}}} d\mathfrak{C} + \int_{a_1}^b c\frac{1}{\mathfrak{C}} n_0 e^{-\frac{t}{\mathfrak{C}}} d\mathfrak{C} + \int_{b_1}^c c\frac{1}{\mathfrak{C}} n_0 e^{-\frac{t}{\mathfrak{C}}} d\mathfrak{C} + \ldots + \int_{r_1}^B c\frac{1}{\mathfrak{C}} n_0 e^{-\frac{t}{\mathfrak{C}}} d\mathfrak{C}.$$

Les énergies cinétiques correspondantes doivent être reliées par la relation d'Einstein aux fréquences de discontinuités dues aux absorptions brusques du corps.

Les échantillons destinés aux expériences sont des couches très fines étalées sur une plaque ronde de platine par précipitation électrique. Nous avons ainsi éliminé l'influence possible des effets secondaires dus aux matières enrobantes. La plaque ronde a 72^{mm} de diamètre et $0^{mm},5$ d'épaisseur. La couche du produit phosphorescent est à peu près $0^{mm},01$, donc de l'ordre des couches monogranulaires. Le corps phosphorescent est composé de divers activateurs dans des proportions d'équilibre physicochimique bien établies : $RbNO_3$, $BiNO_3$, $LiCO_3$, LiF, NaF, $SrCO_3$.

Les échantillons ont été activés pendant une minute par un rayonnement ultraviolet et pendant 1/10 de seconde par des rayons X ultra-durs. Pour éviter toute influence possible de la température, nous nous sommes servi de l'électro-luminescence comme source d'excitation : un tube de Geissler à 10 000 V. L'électro-luminescence se produit à 10 000 V dans un gaz de haut

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 489.

degré de brillance contenu dans le tube; un rhéostat règle l'intensité lumineuse. On obtient après activation jusqu'à saturation complète, une émission du corps phosphorescent de spectre $A = 5685$ Å. Après l'application rapide de 1/10 de seconde d'une nouvelle source excitatrice, rayons X ultra-durs, on obtient l'interaction quasi instantanée entre l'absorption par le corps phosphorescent et son émission. Il se produit une raie noire d'extinction de 5/10 de seconde environ, puis la réapparition de l'émission avec un autre spectre visible. On passe ainsi d'un spectre à l'autre avec une discontinuité dans le temps. Par exemple, suivant notre théorie (développement de θ en série d'intégrales), on passe du spectre A à un spectre a' et non pas à un spectre a normalement prévu selon la décroissance exponentielle, avec $a' > a$; de même, en ce qui concerne un spectre quelconque n qui se substituerait par $n_1 > n$ avant de terminer le cycle de la réaction en B. Ces considérations théoriques confirment des faits d'expériences en accord complet avec la théorie quantique. Le fait de pouvoir faire varier les qualités optiques d'une combinaison phosphorescente a une grande importance pratique.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le mécanisme d'émission des mésons nucléaires dans les noyaux.* Note (*) de M. **Pierre Cüer**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous désirons dans cette Note signaler une analogie possible entre l'absorption et l'émission simple des mésons π dans les noyaux, analogie qui semble actuellement rendre compte des principaux résultats expérimentaux connus dans ce domaine.

Dans les théories de la production mésique, il est généralement admis (avec un potentiel d'interaction quelconque) qu'un méson π peut être créé avec une certaine probabilité dans une interaction nucléon-nucléon quand l'énergie disponible dans le système du centre de gravité est égale à son énergie de masse (~ 140 MeV). Mac-Millan et Teller ([1]) ont introduit dans le calcul du seuil de création un modèle ingénieux utilisant le mouvement des nucléons au sein des noyaux qui explique les collisions favorables expérimentalement observées à des énergies incidentes inférieures à celles prévues par la dynamique de deux nucléons isolés. Il est regrettable que ces auteurs se soient uniquement placés dans le système de l'observateur et aient négligé les reculs; en outre, la statistique de Fermi qu'ils utilisent est d'une validité très discutable pour les noyaux légers pratiquements expérimentés.

En considérant seulement la conservation globale de la quantité de mouve-

---

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 1.

ment et de l'énergie, Barkas [2] a donné une méthode simple et générale pour le calcul des seuils, méthode s'inspirant de la formule de la dynamique nucléaire rendue relativiste. Ses résultats ont été trouvés jusqu'ici en accord avec les courbes d'excitation expérimentales assez approximatives effectuées avec le carbone [3].

Une telle analogie entre les processus nucléaires et mésiques nous semble assez difficile à soutenir. Dans une réaction nucléaire où le modèle du noyau composé est valable ($E < 30$ MeV), l'énergie d'excitation est transmise globalement à la particule émise longtemps après (en $t > 10^{-20}$ sec) l'amalgamation du corpuscule incident ($\sim 10^{-21}$ sec); il est donc classique de considérer la différence des niveaux finaux et initiaux. Selon les couplages nucléaires généralement admis il est très probable que le méson π soit émis en un temps inférieur à la période nucléaire ($t \sim 10^{-21}$ sec). Dans le schéma exclusivement dynamique de la création π au seuil, les nucléons effectifs de la collision, au repos dans le système du centre de gravité après formation du méson excitent plus ou moins le noyau en $\sim 10^{-20}$ sec. L'état final de ce dernier n'intervient donc pas dans le calcul de l'énergie disponible dans le système du centre de gravité pour la formation π.

Outre la validité discutable de la formule avancée, il nous paraît donc assez improbable qu'il existe une structure fine de l'émission π dépendante des états d'excitation de C^{13} par exemple.

Nous proposons comme phase primaire de cette émission un mécanisme basé sur une identité possible entre le nombre et le groupement des nucléons prenant effectivement part à l'absorption et l'émission : Rappelons que notre hypothèse [4] sur l'absorption π^-, dans laquelle des reculs variés dépendant de leur probabilité instantanée sont associés aux neutrons éjectés, semble en accord avec les expériences actuellement publiées. Selon notre analogie, la réaction initiale aurait alors lieu entre la particule incidente et un agrégat de nucléons agissant dynamiquement comme un ensemble. L'énergie disponible dans le système du centre de gravité au seuil de création serait donc plus importante avec les gros fragments, leur énergie cinétique éventuelle au sein des noyaux abaissant encore la valeur du seuil. En utilisant des probabilités d'associations comparables à celles plausibles dans l'absorption (c'est-à-dire des α pour une production mésique décelable), on trouve fortuitement des valeurs peu éloignées de celles de Barkas.

A l'aide d'expériences plus détaillées il serait cependant possible de différencier les mécanismes : dans celui que nous proposons, les noyaux à structures α tels C^{12}, O^{16} devraient présenter des seuils inférieurs à leurs voisins. Il

---

(2) *Phys. Rev.*, **75**, 1949, p. 1109.

(3) H. Bradner, Communication personnelle et document U. C. R. L. **486** (unclassified).

(4) P. Cüer, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2280.

est possible que le rendement assez favorable trouvé à Berkeley avec le carbone soit dû en partie à cette cause. La courbe d'excitation au-dessous du seuil intrinsèque nucléon-nucléon indiquerait les probabilité relatives des agrégats, elle devrait très faiblement varier dans les noyaux lourds. L'étude détaillée d'un nombre important d'étoiles émettrices de mésons π provoquées par des nucléons assez monoénergétiques (principalement dans les noyaux légers) devrait nous éclairer sur ces hypothèses. Les émulsions de Berkeley exposées aux neutrons de 280 MeV contiennent malheureusement trop peu de ces événements par rapport aux étoiles ordinaires.

Il est possible du reste que ces groupements instantanés jouent un rôle dans tout phénomène nucléaire à grande énergie. Notamment, dans le domaine intermédiaire entre le modèle du noyau composé et la production importante de mésons réels, ils pourraient expliquer la grande probabilité d'émission de tritons et de deutérons sous l'action de nucléons très énergétiques (avec ou sans émission π) et le rapport expérimental mésons π^+/mésons π^-.

Finalement nous voudrions rappeler que des expériences analogues à celles actuellement en cours à Berkeley sur la production des mésons π^+ par action de protons sur l'hydrogène liquide mais utilisant des neutrons assez monoénergétiques, devraient donner une réponse décisive sur l'existence du bi-neutron que nous avons prévu ([5]) dans les phénomènes cosmiques pour un domaine d'énergie semblable.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'établissement de la passivité des aciers inoxydables dans certains milieux acides forts.* Note (*) de M. **J.-M. Defranoux** présentée par M. Albert Portevin.

Comme nous l'avions déjà signalé ([1]), l'étude du comportement des aciers inoxydables 18/8 au molybdène dans l'acide sulfurique dilué, corrigé par de faibles additions variables de corps oxydants tels que l'acide nitrique, nous a fourni un moyen d'investigation commode des phénomènes de passivité : on réalise ainsi la variation continue d'un facteur passivant.

La combinaison convenable de la température, de la densité de l'acide et de l'importance de la correction nous a permis d'établir certains faits échappant à l'expérimentation dans d'autres cas :

Opérant dans l'acide sulfurique $d = 1{,}4$ à 30° C, additionné de 10 à 20 000 ppm (parties par million) d'acide nitrique, nous avons pu faire les observations suivantes, en fonction de l'état de surface, à l'aide notamment de mesures du potentiel métal-solution, en fonction du temps :

([5]) M. Morand, P. Cüer et H. Moucharafyeh, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1974.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) *Rev. Métall.*, 47, 1950, p. 447.

a. Une surface activée préalablement par sablage ou par légère attaque acide ([2]) reste d'abord active pendant une période qui peut durer plusieurs heures. Au bout de cette période, elle peut devenir passive (cessation du dégagement gazeux, montée du potentiel aux valeurs électropositives). Pour les corrections plus fortes, la passivité s'établit dans tous les cas; pour les corrections plus faibles, la passivité ne s'établit que si l'on a soin de renouveler la solution fréquemment et d'éliminer ainsi les produits de corrosion à tendance réductrice au fur et à mesure de leur formation.

b. Une surface ayant subi une corrosion préalable dans un milieu acide, corrosion égale ou supérieure à 3 à 5 mg/cm², puis introduite sans intermédiaire dans l'acide corrigé d'essai, est d'abord active; elle devient ensuite passive, beaucoup plus rapidement que dans le cas précédent, à correction égale (quelques secondes à quelques minutes).

c. Une surface sablée ayant ensuite subi une exposition à un milieu dit passivant (air humide, acide nitrique, etc.), part dans l'acide sulfurique d'un potentiel électropositif. Si la correction est forte, l'éprouvette reste passive; si la correction est faible, le potentiel descend progressivement et l'éprouvette devient active après un temps extrêmement variable dépendant en particulier des conditions d'exposition au milieu passivant.

d. Une éprouvette ayant subi successivement les deux traitements précédents (corrosion et passivation) part d'un potentiel électropositif et prend à la même époque, à correction égale, le même potentiel que l'éprouvette ayant subi seulement la corrosion préalable.

Toutes les éprouvettes passives finissent par prendre le même potentiel d'équilibre, quel qu'ait été le mode d'obtention de la passivité. Nous avons vu, d'ailleurs ([1]), que ce potentiel devait plutôt être considéré comme caractéristique du milieu.

On peut maintenant concevoir le double rôle des traitements préalables comportant successivement une corrosion préliminaire et une exposition à un milieu passivant, dans des conditions convenables. La corrosion préalable permettra un établissement plus rapide de la passivité dans l'acide, et la passivation retardera ou supprimera la formation des produits de corrosion à tendance réductrice.

Quand on fait varier la température et l'importance de la correction, l'ensemble des phénomènes se déplace vers l'un des états-limites suivants :

1° Pour une correction suffisamment faible à une température suffisamment élevée, toutes les éprouvettes sont actives très rapidement et le restent, quel que soit l'état de surface initial. Il en est ainsi pour l'acide sulfurique $d = 1,4$ additionné de 10 ppm d'acide nitrique à 80° C.

2° Pour une correction suffisamment forte à une température donnée, toutes

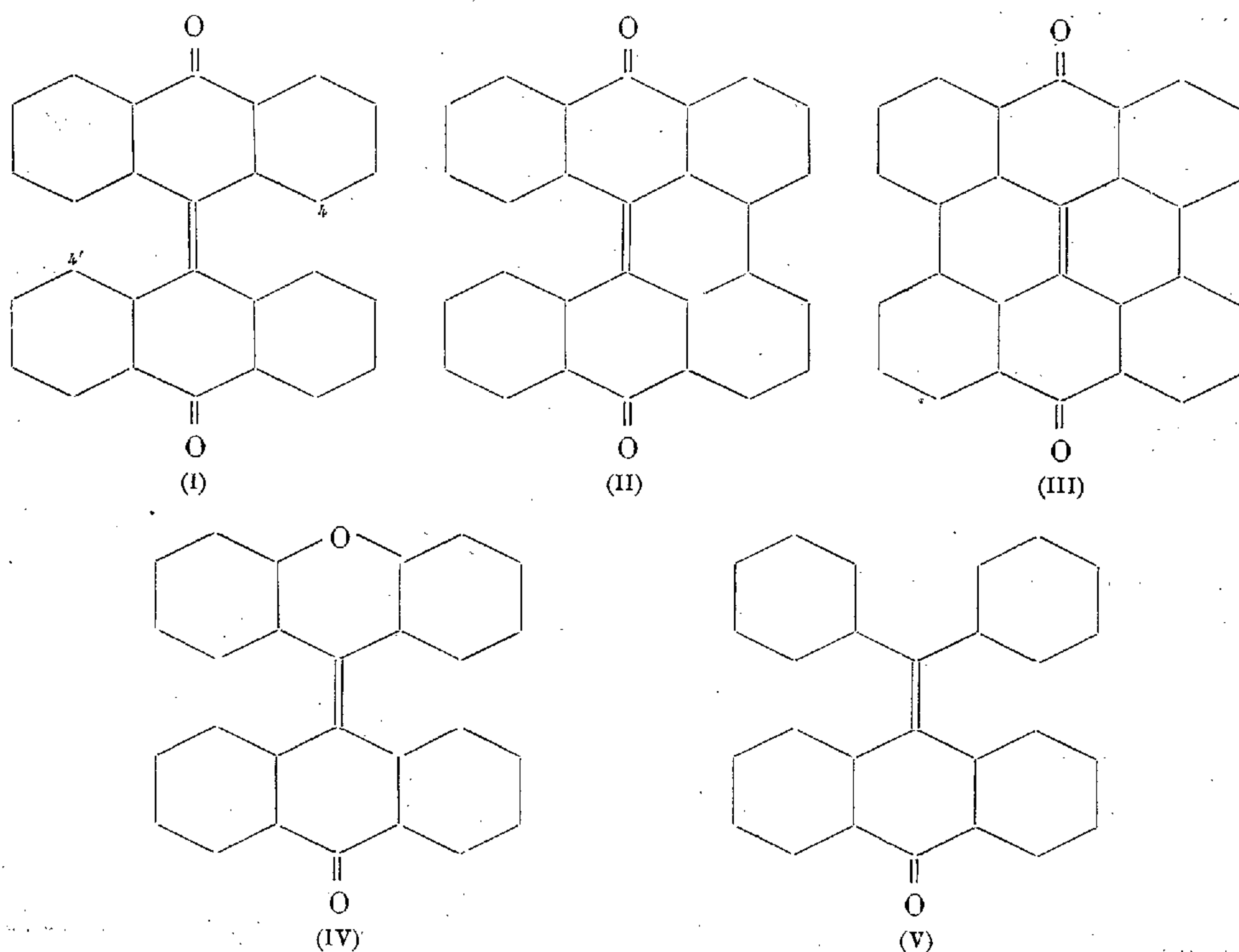
([2]) R. O. Bayer et E. A. Kachik, *Corrosion*, 5, 1949, p. 308.

les éprouvettes sont passives très rapidement et le restent, quel que soit leur état de surface initial. Il en est ainsi pour l'acide sulfurique $d = 1,4$ additionné de 2000 ppm d'acide nitrique à 30° C ou de 20 000 à 90° C.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Photochromie dans la série de la bianthrone.* Note (*) de M. **Yehuda Hirshberg**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Dans un travail récent [1] nous avons décrit en détails la thermochromie des dérivés de la bianthrone (I) et de quelques substances apparentées. Dans l'étude de ces phénomènes, un effet additionnel a été observé que nous voudrions décrire ici, sans discuter sa base théorique.

Si une solution de bianthrone est irradiée par la raie 3650 Å à — 60° C, sa couleur verte se change en rouge brunâtre. L'effet est très net déjà après une minute d'irradiation. Il est d'un caractère transitoire et réversible, car en réchauffant la solution à la température ordinaire on récupère la bianthrone inaltérée. Évidemment, ce phénomène est différent de la réaction photochimique qui se produit à température ordinaire et qui donne l'hélianthrone (II) et la naphthodianthrone (III) [2]. Cette dernière réaction est irréversible et s'exprime dans la précipitation du produit final.



(*) Séance du 9 octobre 1950.

(1) Hirshberg, Lœwenthal, Bergmann et Pullman, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

(2) Brockmann et Muehlmann, *Ber.*, **83**, 1950, p. 348.

La xanthylidène-anthrone (IV) montre le même comportement. A — 70° et en une minute, la couleur verte assez faible de la solution devient très intense; la couleur disparaît en réchauffant, et la substance peut être récupérée quantitativement à partir de la solution. A température ordinaire, l'irradiation produit un précipité insoluble.

En raison du fait que les bianthrones substituées en 4.4′ ne présentent pas de thermochromie à température élevée ([3]), il est intéressant de remarquer qu'elles se comportent comme la bianthrone (I) quand on irradie leurs solutions à — 60° :

Diméthoxy-4.4′ bianthrone : verdâtre → vert foncé;

Diméthyl-4.4′ bianthrone : verdâtre → bleu foncé;

Dibromo-4.4′ bianthrone : vert jaunâtre → vert foncé.

A la température ordinaire, ces trois substances ne sont pas affectées par une irradiation de durée moyenne.

L'effet est limité aux bianthrones et à la xanthylidèneanthrone; les benzhydrylidène-anthrones (V) ne le présentent pas.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Étude cinétique de la réduction du protoxyde de fer par l'hydrogène*. Note (*) de MM. **Jacques Bénard** et **Jean Moreau**, présentée par M. Albert Portevin.

La cinétique de réduction des oxydes de fer et en particulier du sesquioxyde Fe_2O_3 par l'hydrogène a été étudiée à différentes reprises ([1]). La plupart de ces recherches n'ont fourni cependant que des renseignements imprécis sur le mécanisme des réactions en cause. Les essais portaient le plus souvent sur des conglomérats d'oxydes naturels ou artificiels et les particularités des courbes obtenues dans ces conditions dépendaient dans une large mesure de l'état de division et de la porosité de la phase solide soumise à la réduction.

L'un de nous a décrit antérieurement ([2]) une méthode qui permet d'obtenir des lames d'oxydes cristallines rigoureusement homogènes par oxydation limitée du fer pur aux températures élevées. Ces lames encore adhérentes à leur support métallique, ne présentent pas les inconvénients signalés plus haut lorsqu'elles sont soumises à l'action de l'hydrogène à chaud et se prêtent particulièrement bien aux études cinétiques. Nous nous sommes proposé d'étudier par ce procédé le mécanisme de la réduction des différents oxydes de fer. Les résultats obtenus dans le cas de FeO font l'objet de cette Note.

([3]) Lœwenthal, Hirshberg et Bergmann, *Bull. Scientific Research Council Israel* (sous presse).

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) S. E. Woods, *Trans. Farad. Soc.*, 1948, p. 185.

([2]) J. Bénard et O. Coquelle, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 796.

Les lames de protoxyde de fer sont obtenues en oxydant à l'air à 850° des plaquettes de fer pur de $0^{mm},3$ d'épaisseur. Le métal est traité au préalable pendant trois heures à 850° sous vide poussé (10^{-3} mm de mercure).

La réaction $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$ est réalisée à température constante dans l'intervalle 450°-700°. La variation de masse subie par les échantillons est suivie au moyen d'un dispositif de pesée continue du type Guichard. Les courbes masse-temps tracées par points de minute en minute sont régulières et leur reproductibilité très satisfaisante.

La courbe masse-temps obtenue à 500° décrite ici à titre d'exemple comporte :

1° Une période de latence de la réduction au cours de laquelle aucune variation de masse n'est perceptible (durée 20 minutes).

2° Une période d'accélération au cours de laquelle la vitesse s'accroît régulièrement (durée 10 minutes).

3° Une période linéaire correspondant à une vitesse de réduction uniforme (durée 23 minutes).

4° Une période de ralentissement progressif qui s'achève avec la réduction complète de l'oxyde.

La période de latence correspond au délai nécessaire pour la formation de germes de fer provenant de la décomposition de FeO instable à cette température ($4\,FeO \rightarrow Fe_3O_4 + Fe$) [3]. Lorsque les dimensions de ces germes sont devenues suffisantes, ils provoquent l'amorçage de la réaction de réduction, et le fer réduit se développe concentriquement à partir de chacun d'eux. Ce mécanisme correspond à la période d'accélération de la réduction; il est confirmé par le fait qu'en soumettant l'oxyde à un traitement préalable de 1 heure 30 minutes sous vide à la même température (500°), la période de latence est supprimée.

Lorsque la surface de l'oxyde est entièrement recouverte de fer réduit, le front de la réaction se déplace en profondeur tout en restant sensiblement parallèle à la surface initiale, avec une vitesse uniforme définie par la pente de la partie linéaire de la courbe. Dans cette période, la structure poreuse du fer réduit n'oppose aucun obstacle aux diffusions antagonistes de l'hydrogène et de la vapeur d'eau.

Après un certain temps, le fer formé au début de la réduction subit un début de recristallisation que l'on suit facilement par la diffraction des rayons X aux grands angles [méthode de diagrammes en retour [4]]. Sa perméabilité diminue, ce qui entraîne le ralentissement de la vitesse de réduction observée sur la courbe.

---

(3) G. Chaudron et J. Bénard, *Bull. Soc. Chim.*, 1949, p. D 117.

(4) J. Bénard et P. Lacombe, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 182

Lorsqu'on opère aux températures supérieures à 500°, on observe :

1° Une disparition rapide de la période de latence. Dès 550°, la réaction est suffisamment vive pour s'amorcer spontanément dès l'origine, en l'absence de germes de fer.

3° Une apparition de plus en plus précoce du ralentissement correspondant à la transformation du fer réduit incomplètement cristallisé très perméable, en fer cristallisé moins perméable. A 700°, ce point est très voisin de l'origine et la courbe masse-temps ne présente pratiquement plus de portion linéaire. Les rayons X montrent qu'à cette température, le fer réduit subit une réorganisation très rapide au fur et à mesure de sa formation.

Au-dessous de 500°, la durée de la période de latence augmente rapidement et à 450°, la réduction n'est pas encore amorcée après 2 heures 30 minutes de séjour dans l'hydrogène.

L'étude de la structure du fer réduit par la diffraction des rayons X permet donc d'expliquer les particularités des isothermes de réduction de FeO par l'hydrogène dans l'intervalle 450-700°. Nous nous proposons de montrer dans une prochaine Note comment cette méthode peut être étendue à l'étude de la réduction des oxydes Fe_3O_4 et Fe_2O_3.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Variation de la microdureté dans les monocristaux en fonction de l'orientation d'un pénétrateur pyramidal.* Note (*) de M. **Henri Roth-Meyer**, transmise par M. Albert Portevin.

Pusieurs auteurs, dont M. Portevin (¹), ont signalé certaines déformations observées en faisant des empreintes de macrodureté ou de microdureté sur des monocristaux. Osmond et Cartaud avaient, d'autre part, indiqué (²) les figures de percussion et les lignes de glissement observées sur des monocristaux de fer.

Une étude systématique de ces phénomènes a été entreprise en utilisant un pénétrateur pyramidal Vickers. Elle a porté sur divers monocristaux métalliques du système cubique centré ou du système hexagonal compact. On a opéré sur les diverses faces cristallines, et, sur chacune de ces faces, on a fait varier l'orientation du pénétrateur par rapport à une direction de référence de cette face.

Sur de l'aluminium raffiné à 99,99 % de pureté et soigneusement poli électrolytiquement, on a observé les résultats suivants :

Sur la face (100) apparaissent deux systèmes de lignes de glissement perpendiculaires. Lorsque les diagonales du pénétrateur sont perpendiculaires

(*) Séance du 23 octobre 1950.

(¹) *Revue de Métallurgie*, **12**, 1915, p. 95.

(²) *Revue de Métallurgie*, **2**, 1905, p. 811.

à ces lignes de glissement, l'empreinte a la forme d'une *rose des vents* (*fig.* 1 *a*). Elle prend progressivement la forme en *barillet* (*fig.* 1 *b*) si l'on fait tourner le pénétrateur de 45°.

Dans cette rotation de 45° les longueurs des deux diagonales d'empreinte varient dans le même sens. Sous la charge de 300^g, leur longueur moyenne décroît d'environ 5 %, la dureté correspondante augmentant de 10 % environ.

La courbe donnant les longueurs des diagonales en fonction de l'angle de l'une d'elle par rapport à une direction origine du cristal a une forme sinusoïdale de période 90°.

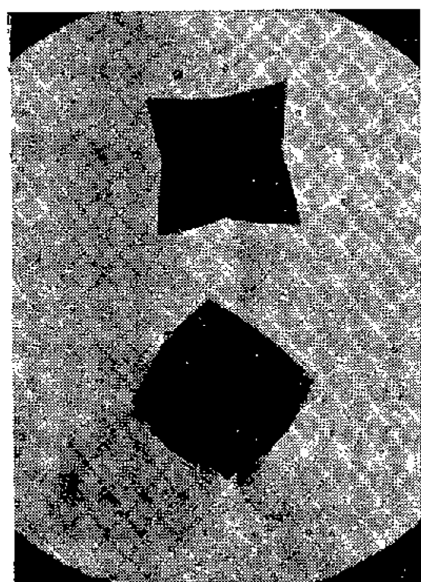


Fig. 1.

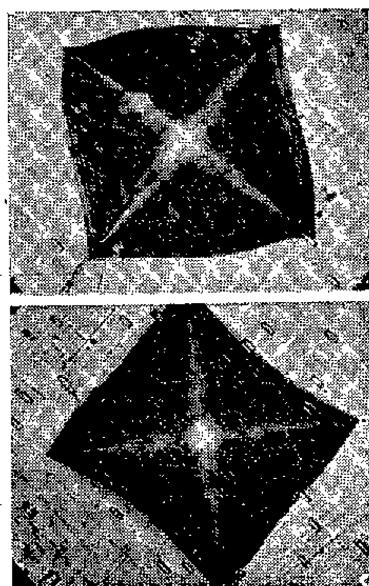


Fig. 2.

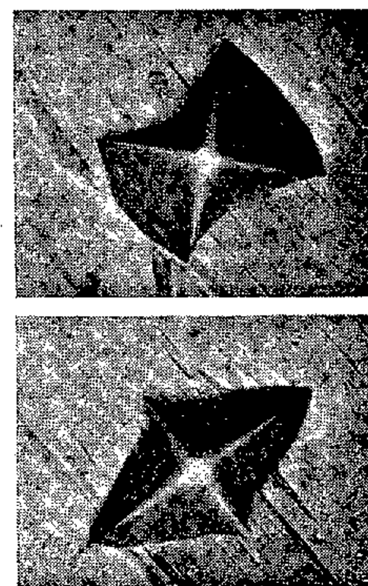


Fig. 3.

Fig. 1. — Empreinte sur monocristal d'aluminium face (100). Charge 1^{kg}.
En haut : figure 1 *a* en « rose des vents ». *En bas :* figure 1 *b* en « barillet »

Fig. 2. — Empreinte sur monocristal d'aluminium face (110). Charge 300^g.
En haut : figure en « losange ». *En bas :* figure en « diabolo ».

Fig. 3. — Déformation d'empreintes Vickers sur « zinc ». Charge 100^g.
En haut : empreinte en « diabolo ». *En bas :* empreinte en « losange ».

Sur la face (110) apparaissent trois systèmes de lignes de glissement à 60° les uns des autres; l'un des systèmes correspond à des plans de glissement cédant plus facilement que les autres. On observe alors (*fig.* 2) : soit une empreinte en forme de *losange* lorsque l'une des diagonales de l'empreinte est perpendiculaire à ce système de lignes de glissement préférentielles, soit une empreinte en forme de *diabolo* après rotation de 45°. Dans cette rotation la longueur des deux diagonales varie en sens inverse. La courbe de variation de ces longueurs est d'allure sinusoïdale, avec une période de 180°.

Sur la face (111) apparaissent également trois systèmes de lignes de glissement à 60°, mais ces systèmes ne se différencient pas du point de vue de la capacité de déformation. On obtient des empreintes assez irrégulières dérivées des précédentes, la longueur des deux diagonales varie encore en sens inverse.

Des modes de déformation semblables ont été observés sur des monocristaux de plomb ou de cuivre purs.

Pour les cristaux du système hexagonal compact, les déformations sont accentuées du fait que certains plans de mâclage s'affaissent sous la pression du pénétrateur.

Pour du zinc raffiné à 99,97 % de pureté, sous une charge de 100^g, on a obtenu, sur le même monocristal avec la même pyramide Vickers, soit une empreinte en forme de *diabolo* (*fig.* 3), où les diagonales sont peu différentes, soit, par une rotation de 45°, une empreinte en forme de *losange*, dans laquelle la grande diagonale est supérieure de 56 % à la petite.

La courbe de variation de la longueur d'une des diagonales en fonction de l'orientation du pénétrateur, a, dans ce cas, l'aspect d'une sinusoïde de période 180°.

Ces divers modes de variation sont semblables à ceux obtenus par F. W. Daniels et C. G. Dunn sur d'autres types de monocristaux avec un pénétrateur Knoop ([3]).

Des mesures au microinterféromètre Linnik ont permis de déterminer l'épaisseur maximum du bourrelet dans le cas de l'aluminium, face (100), sous 300^g : $2^\mu,5$ pour la déformation en *barillet*, et $1^\mu,8$ pour la déformation en *rose des vents*.

Elle permet également d'étudier les lignes de glissement et de mâclage obtenues sur l'aluminium et le zinc.

En conclusion, un pénétrateur de forme pyramidal permet, avec plus de sensibilité qu'un pénétrateur sphérique ou conique, de déceler les variations de dureté et de formes d'empreinte dues à l'anisotropie du cristal et de déterminer l'orientation des faces cristallines par les lignes de glissement qu'il fait apparaître.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la réactivité des dinaphtyléthylènes.* Note (*) de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'application de la méthode approximative ([1]) des états de spin aux trois dinaphtyléthylènes conduit aux diagrammes ci-contre ([2]) (indices de liaison et de valence libre).

Ils montrent que les valences libres sur la liaison centrale croissent quand on passe du dérivé $\alpha\alpha$, au dérivé $\alpha\beta$ et au dérivé $\beta\beta$.

La méthode n'est pas assez précise pour mettre en évidence des différences entre les indices de cette liaison centrale.

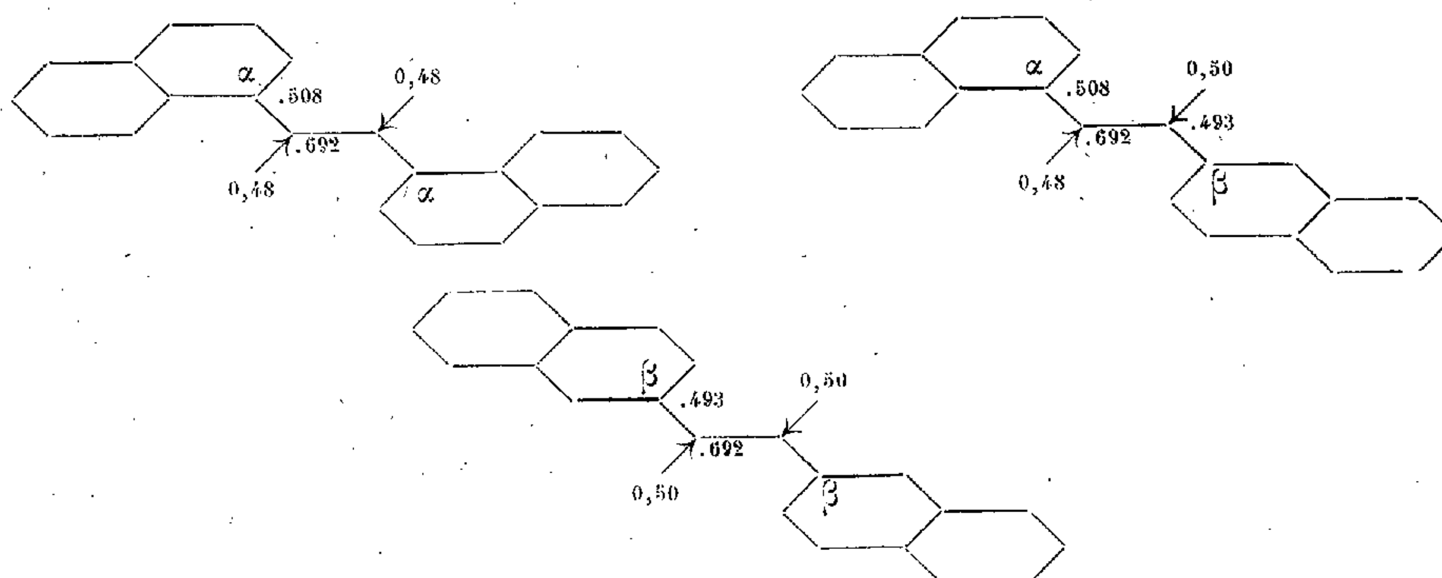
([3]) *Transaction of the A. S. M.*, 41, 1949, p. 419.

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) Vroelant et Daudel, *Bull. Soc. Chim.*, 16, 1949, p. 36 et 217 et *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 399.

([2]) Daudel et Chalvet, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 54.

Mais Coulson ([3]) a montré, à l'aide de la méthode des orbites moléculaires, que l'indice de liaison de cette liaison croît également dans le même ordre.



Badger ([4]) a observé effectivement une augmentation de la vitesse de fixation sur cette liaison du tétraoxyde d'osmium quand on passe du dérivé αα, au dérivé αβ et au dérivé ββ.

Badger ([4]) et Coulson ([3]) ont interprêté ce résultat en tenant uniquement compte de l'augmentation de l'indice de liaison de la liaison centrale.

On a à nouveau insisté récemment ([5]) sur le fait que l'aptitude d'une liaison à réagir par addition dépend à la fois de l'indice de liaison de celle-ci et des deux indices de valence libre des sommets qui la constituent. Nous pensons donc que l'augmentation observée dans les réactivités

$$\beta\beta > \alpha\beta > \alpha\alpha,$$

est conséquence de la *double* augmentation existant pour l'indice de liaison *et les indices de valence libre*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude des cétones δ halogénées.* Note (*) de M. **Henri Normant**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans les nitriles ω halogénés $X(CH_2)_nCN$ la perte d'hydracide conduit, si $n = 2$, à des nitriles éthyléniques et, si $n \geq 3$ à des cyanocyclanes présentant un minimum de stabilité pour le cycle tétraméthylénique ([1]). L'étude des cétones γ et δ halogénées (I) apparaît plus compliquée du fait de la formation possible de composés hétérocycliques (III), celle-ci devant, d'ailleurs, être d'autant plus importante que l'acylcyclane isomère (II) est moins stable.

([3]) *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 22-52.

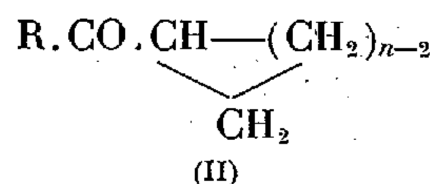
([4]) *Nature*, **165**, 1950, p. 647.

([5]) Daudel, Sándorfy, Vroelant, Yvan et Chalvet; *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 66 et Chalvet (travail inédit).

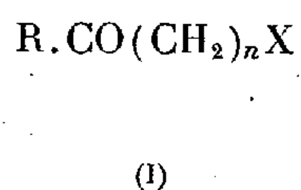
(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) H. Normant et G. Voreux, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 703.

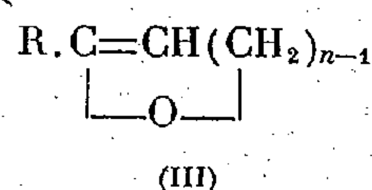
En effet, pour $R=CH_3$ et $n=3$ on n'a obtenu que l'acétylcyclopropane ([2]), tandis qu'avec $R=C_6H_5$ et $n=4$ on n'a signalé que le phényldihydropyranne ([3]).



(II)



(I)



(III)

Les cétones δ halogénées ont été préparées selon trois méthodes :

1° Action des organo-magnésiens sur les valéronitriles ω halogénés $X(CH_2)_4CN$, ces derniers étant obtenus à partir du tétrahydrofuranne ([1]). Les rendements sont faibles avec les magnésiens aliphatiques; la réaction effectuée vers —10° donne, par contre, des taux de 75 à 80 % avec les magnésiens aromatiques.

2° Condensation des nitriles avec les magnésiens des chloro-1 alcoxy-4 butanes et traitement par BrH à 48 %. Les rendements sont toujours bas (20 à 30 %); de plus, les composés $R'O(CH_2)_4Cl$ s'obtiennent assez mal (60 % env.) par action de R'ONa sur $Cl(CH_2)_4Br$, car il y a perte d'hydracide avec formation de butènes halogénés et de butadiène.

$CH_3O(CH_2)_4Cl$: E 140°; E_{13} 39°; D_{15} 0,973; N_{15} 1,4235.

$C_2H_5O(CH_2)_4Cl$: E_{13} 50°; D_{15} 0,973; N_{15} 1,4278.

3° Traitement du chlorure de l'acide ω chlorovalérique $Cl(CH_2)_4COCl$ au moyen des organozinciques; cette méthode est la plus générale et la plus avantageuse (Rdt 70-80 %). Nous avons préparé ainsi les cétones

$RCO(CH_2)_4X$.

R.	X.	E_{11}(°C).	D_{17}.	N_{17}.
C_2H_5	Cl	93	1,024	1,4452
$n.C_4H_9$	Cl	118	1,004	1,4461
C_6H_5	Cl	F 51	–	–
C_6H_5	Br	F 61 ([3])	–	–

L'enlèvement d'hydracide a été effectué au moyen de HOK alcoolique. Si le radical est aromatique (C_6H_5), il se forme uniquement, en accord avec les travaux antérieurs ([3]) le *phényl-2 Δ_2 dihydropyranne* [form. (III) $R=C_6H_5$, $n=4$] E 250°; E_{11} 125°; D_{17} 1,058; N_{17} 1,5720. Celui-ci, soit après hydrolyse à chaud, soit directement, fournit la *2.4-dinitrophénylhydrazone* du benzoylbutanol, F 145°. Traité par BrH ou ClH concentré, il redonne les cétones halogénées initiales.

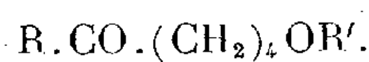
Si le radical est aliphatique, il se forme un mélange, en proportions variables, selon les conditions opératoires, d'alcoyldihydropyranne et d'acylcyclobutane.

([2]) Marshall et Perkin, *Chem. Soc.*, 59, 1891, p. 880.

([3]) Perkin, *Chem. Soc.*, 51, 1887, p. 730.

Avec $R{=}C_2H_5$ on n'a obtenu que des traces d'un composé non saturé bouillant vers 130°, sans doute l'éthyl-2.Δ_2-dihydropyranne et surtout la *propylone-cyclobutane* [form. (II), $R{=}C_2H_5$, $n=4$) : $É_{13}$ 51-52°; D_{17} 1,900; N_{17} 1,4419; 2.4-*dinitrophénylhydrazone* F 137°. Avec $R = n.C_4H_9$, on a isolé le *n.butyl-2.Δ_2-dihydropyranne* [form. (III), $R{=}C_4H_9$, $n=4$], $É_{12}$ 62-63° dont les constantes sont en bon accord avec la littérature ([4]); il réagit sur le méthanol chlorhydrique pour donner un *semi-acétal* $É_{12}$ 82°. Ce dihydropyranne est accompagné de *valérylcyclobutane* [form. (II), $R{=}C_4H_9$, $n=4$] $É_{11,5}$ 81°; N_{15} 1,4515; 2.4-*dinitrophénylhydrazone* F 146° (alcool). La réaction est d'ailleurs plus complexe et les produits de tête renferment du *n*-butanol.

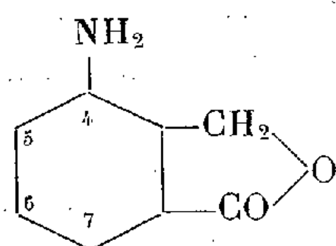
Enfin, dans tous ces essais, HOK alcoolique donne lieu à la production de cétones δ alcoxylées



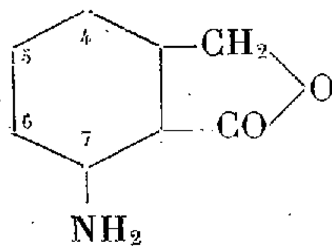
R.	R'.	E_{12} (°C).	D.	N.	2.4-dinitroph. hyd. (F °C).
C_2H_5..............	CH_3	84	0,9041/15	1,4270/15	71
C_2H_5..............	C_2H_5	93	0,890 /15	1,4287/15	38
$n.C_4H_9$............	C_2H_5	121-122	0,880 /18	1,4336/18	–
C_6H_5..............	C_2H_5	162	1,014 /15	1,5120/15	105
C_6H_5..............	CH_3	159/13	1,026 /19	1,5150/19	–

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de l'amino-4- et de l'amino-7-phtalide et de quelques-uns de leurs dérivés.* Note (*) de MM. **Jean Vène** et **Jean Tirouflet**, présentée par M. Marcel Delépine.

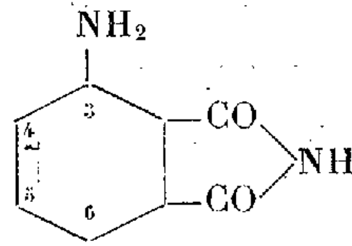
Afin de comparer les réactivités des phtalides substitués isomères, nous avons été amenés à réaliser la synthèse de l'amino-4 (I) et de l'amino-7 (II) phtalide non encore connus :



(I)



(II)



(III)

La réduction de l'amino-3-phtalimide (III) par la méthode de Reissert ([1]),

---

([4]) Riobé, *Ann. de Chimie*, 4, 1949, p. 594.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) *Ber. d. chem. Gesells.*, 46, 1913, p. 1489; Lévy et Stephen, *J. Chem. Soc.*, 1931, p. 867.

conduit à un mélange d'amino-4 phtalide et d'amino-7 phtalide, ce dernier étant prépondérant, mais le rendement global en amino-phtalides obtenu au cours de différents essais n'a jamais dépassé 10 %. De plus, la séparation des deux dérivés aminés est très pénible.

Par contre la réduction de l'anhydride acétamido-3 phtalique par l'hydrogène naissant obtenu par action du zinc sur un mélange d'acide chlorhydrique, d'acide acétique et d'anhydride acétique conduit à un mélange d'acétamido-4 et d'acétamido-7-phtalides avec des rendements acceptables.

L'anhydride acétamido-3 phtalique est mis en suspension dans le mélange acide et l'on ajoute la poudre de zinc peu à peu en agitant énergiquement. Après dilution du mélange réactionnel par son volume d'eau on obtient une première précipitation. Cette fraction se présente sous forme de très fines aiguilles et est essentiellement constituée par l'acétamido-7-phtalide; elle fond, brute, à 125-130° (Rdt 30 % par rapport à l'anhydride de départ).

Après séparation des cristaux, le filtrat est additionné à nouveau de son volume d'eau. Au bout de quelques heures il se forme un nouveau précipité constitué principalement par l'acétamido-4-phtalide. Cette deuxième fraction fond, brute, à 162-175° (Rdt 32 % par rapport à l'anhydride).

La recristallisation de ces fractions dans des mélanges hydroalcooliques fournit respectivement l'acétamino-7-phtalide (F 135-136°) et l'acétamido-4-phtalide (F 180-181°) à l'état pur.

La désacétylation des deux dérivés acétamidés par la potasse alcoolique conduit aux deux amines correspondantes : l'amino-4-phtalide (F 157°) et l'amino-7-phtalide (F 122-123°).

La structure de ces deux amino-phtalides a été déterminée en transformant le dérivé fondant à 157° en hydroxy-4-phtalide signalé par Buehler ([2]). Cette transformation se fait aisément en décomposant le sel de diazonium de l'amine. L'hydroxy-phtalide obtenu dans ces conditions fond à 253-255° et est identifiée (P. F. mél.) avec l'hydroxy-4-phtalide obtenu par Buehler dans l'action du formaldéhyde sur l'acide *m*-hydroxybenzoïque.

La décomposition des sels de diazonium de (I) et (II) en présence de chlorure ou de bromure cuivreux conduit aux dérivés chlorés et bromés correspondants. Le chloro-4-phtalide (F 86-87°), le chloro-7-phtalide (F 142-143°), le bromo-4-phtalide (F 103-104°), le bromo-7-phtalide (F 141-143°) cristallisent d'un mélange hydroalcoolique sous forme d'aiguilles incolores.

Nous poursuivons actuellement l'étude d'autres dérivés substitués en position 4 et 7.

([2]) BUEHLER, POWERS et MICHELS, *J. Am. Chem. Soc.*, 66, 1944, p. 417-418.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Extraction du virus de la Mosaïque du Dahlia* (Marmor Dahliæ Holmes) *à partir de Dahlias infectés et obtention de son antisérum.* Note de MM. **Pierre Cornuet**, **Claude Martin** et **Pierre Limasset**, présentée par M. Joseph Magrou.

Un antigène spécifique vraisemblablement constitué par le virus lui-même a été isolé de Dahlias infectés par le virus de la Mosaïque du Dahlia. Une méthode de diagnostic sérologique a été mise au point.

Le virus de la Mosaïque du Dahlia cause de graves préjudices à la culture de cette plante. Son diagnostic est difficile car les masquages sont fréquents sur certaines variétés, tant que la maladie n'a pas atteint un degré aigu. De plus, l'inoculation mécanique n'a pu être réalisée jusqu'à présent et aucune plante hôte, autre que le Dahlia, ne paraît avoir été signalée dans les publications. Les seuls hôtes différentiels utilisables sont donc des variétés de Dahlia très sensibles et celles-ci ne peuvent être inoculées que par greffage ou en faisant usage de l'insecte vecteur (*Myzus persicæ* Sulz). Ces procédés sont longs, délicats et peu compatibles avec des épreuves en grande série. C'est pourquoi nous avons tenté de créer une technique de diagnostic sérologique, malgré les échecs antérieurement enregistrés dans cette voie.

La plus grosse difficulté était l'extraction préalable du virus à partir des tissus des plantes malades. La présence des tanins posait en effet un problème difficile. Ainsi que Bawden et Kleczkowski (1945) l'ont très justement indiqué, ces substances qui sont de puissants agents de précipitation des protéines paraissent provoquer la dénaturation des virus lorsqu'elles sont mises en contact avec ces derniers au cours du broyage. C'est vraisemblablement pour cette raison qu'aucun des virus inféodés aux plantes riches en tanins n'a pu jusqu'à présent être purifié.

Nous avons réussi à inhiber, dans le cas considéré, cette réaction de dénaturation en fixant et en éliminant les tanins par un alcaloïde soluble. Le broyage des tissus était effectué dans ce but, au sein d'une solution de sulfate de nicotine. Nous résumerons comme suit la technique mise en œuvre.

3 à 4^{kg} de feuilles de Dahlias infectés sont broyés dans un broyeur à hélice tournant à 12000 t/min, en présence d'une solution à 10 % de sulfate de nicotine, renfermant 5 % de bisulfite de sodium (¹) et des traces de cyanure de potassium ; le jus obtenu est clarifié par centrifugation. L'élimination ultérieure de l'alcaloïde peut être réalisée en précipitant les protéines par l'alcool. La nicotine, restant en solution, est ainsi séparable de ces dernières. Après

(¹) Le bisulfite est utilisé pour protéger le virus contre les oxydations possibles, l'adjonction de cyanure de potassium renforce efficacement ses propriétés dans le cas considéré en bloquant l'action d'oxydases.

quelques tentatives dans cette voie, nous avons ensuite obtenu de meilleurs résultats par simple relarguage au sulfate d'ammonium. Celui-ci est utilisé à la concentration de 300 g/l, après élimination préalable d'une partie des constituants normaux du jus par précipitation à l'aide de phosphate disodique (7 g/l). 15 minutes après action du sulfate d'ammonium, le précipité obtenu est recueilli par centrifugation continue dans une hypercentrifugeuse donnant un champ d'accélération de 50000 g et mis en solution dans une quantité d'eau égale à la cinquantième partie du volume du jus initial. La quasi-totalité de la nicotine est éliminée grâce à la rapidité de ce relarguage. Plusieurs relarguages successifs peuvent être effectués et sont suivis d'une électrodialyse destinée à éliminer de nombreuses impuretés par perte de leurs ions de solubilité.

La solution finale présente une absorption très nette dans la zone des 2600 à 2700 Å ([2]). L'absorption est à peu près nulle dans les extraits équivalents obtenus à partir de plantes saines. Ceci paraît indiquer la présence d'acides nucléiques appartenant vraisemblablement au virus et donne à penser que les échantillons étudiés renferment des quantités importantes de ce dernier. Les épreuves sérologiques confirment ce point de vue.

En effet, les solutions obtenues ayant été injectées au Lapin par voie intramusculaire ont fourni des immunsérums qui provoquent la formation de précipités importants lorsqu'on les met en présence de jus purifiés ou de jus de plantes infectées ayant été extraits en présence de nicotine et centrifugés jusqu'à clarification. La réaction est extrêmement faible en présence des protéines contenues dans les jus de plantes saines. Il n'y a pas de réaction en présence du virus de la Mosaïque du Tabac et des virus X et Y de la Pomme de terre. Certains sérums réagissent également avec des jus de Tomates infectées par le virus du *spotted wilt*, mais ce résultat demande confirmation étant donné la nouveauté du fait.

Le virus de la Mosaïque du Dahlia paraît donc bien avoir été isolé avec succès de ces plantes, à moins d'admettre que les antigènes spécifiques ne soient des substances apparues secondairement sous l'effet de l'infection, ce qui paraît très peu probable *a priori*, mais ne serait démontré d'une manière indiscutable que par la réussite d'inoculations à partir de nos extraits purifiés de plantes malades. De toutes façons, les résultats relatés mettent à la disposition de l'horticulteur une méthode de diagnostic rapide et sûre.

Des études sont en cours en vue de déterminer les propriétés fondamentales du virus de la Mosaïque du Dahlia. D'autres virus s'attaquant à des plantes riches en tanins et notamment au Fraisier, sont également l'objet de recherches analogues.

([2]) M. Roux, de la Station Centrale d'Agronomie, nous a conseillé dans nos essais de tests spectrographiques.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur quelques principes de biochimie et leur application à l'estimation de la valeur alimentaire d'uu milieu cultivé pour une plante donnée.* Note de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

La plante vit dans son milieu et *de son milieu :* elle seule est à même d'en explorer à chaque instant les possibilités, et c'est à travers elle plus particulièrement que le chimiste agronome peut prétendre à la connaissance de ce milieu. Encore faut-il, dans toute étude de biochimie appliquée à l'agronomie, avoir présents à l'esprit quelques principes de base, rarement énoncés, quoique très importants.

1. *Le mode d'alimentation d'une plante varie avec son âge physiologique,* d'où l'obligation rigoureuse de se baser sur l'apparition de caractères morphologiques bien définis (1), afin de ne comparer entre elles que des plantes physiologiquement identiques.

2. *Dans un même milieu, chaque espèce végétale, pour atteindre un âge physiologique défini, exige une alimentation minérale qui diffère d'une espèce à l'autre.*

On pourrait recueillir, dans l'arsenal des expériences agronomiques maints documents à l'appui de cette assertion. Nous avons montré, pour le Blé observé aux époques physiologiques précisées, qu'une différenciation chimique peut être perçue au sein même de l'espèce entre variétés cultivées dans un même milieu (2). Observation de même ordre pour les plantes fourragères chez lesquelles, de plus, des rapports physiologiques $N/P_2O_5/K_2O$ et $K_2O/CaO/MgO$ sont apparus remarquablement distincts dans un même milieu entre Graminées et Légumineuses (3).

3. *Dans des milieux différents, des individus d'une même espèce végétale observés au même âge physiologique s'alimentent différemment,* témoignage de la plasticité chimique du végétal. Nous avons mis en évidence notamment le rôle déterminant du milieu, climat et sol, dans l'absorption des principes minéraux par diverses variétés de Blé (4), (5). Pour les plantes de prairies, nous avons à plus d'une reprise insisté sur les variations de composition chimique décelées à la fois par l'analyse immédiate et l'analyse élémentaire chez de nombreuses espèces fourragères à la floraison suivant les conditions de milieu où elles sont

---

(1) L. Maume et J. Dulac, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 875-877.

(2) *Ibid.*, **198**, 1934, p. 199-201.

(3) *Ibid.*, **222**, 1946, p. 105-108.

(4) L. Maume et J. Dulac, *C. R. Ac. d'Agriculture*, **21**, 1935, p. 120.

(5) *Ibid.*, **23**, 1937, p. 89.

placées ([6]). Et pourtant, à cette notion dynamique de la nutrition végétale s'oppose depuis très longtemps dans les laboratoires de chimie agricole une image statique et figée qui se traduit notamment par les *tables de Wolf*. On oublie encore trop aujourd'hui que la plante *est comparable à un système en équilibre chimique, sensible aux moindres variations des facteurs de cet équilibre* ([7]).

4. *A un âge physiologique défini, chaque organe d'une même plante possède son alimentation propre.* — C'est un des principes sur lesquels est basé le diagnostic foliaire. Une démonstration nouvelle extrêmement probante peut être faite en prenant le Blé comme sujet d'étude. Des échantillons prélevés par les soins de la Station centrale d'amélioration des plantes de Versailles dans les différents centres expérimentaux du territoire nous ont permis de relever, sur le Vilmorin 27 entre autres variétés, la composition chimique exprimée en pour-cent de matière sèche de chacune des cinq feuilles subsistant au début de la floraison. On verra consignés dans le tableau ci-dessous les résultats concernant deux champs d'expériences, l'une en Seine-et-Oise avec rendement à l'hectare de 49^q,13, l'autre en Loiret, rendement à l'hectare de 29^q,9.

	N.		P_2O_5.		K_2O.	
A partir de l'épi.	Dandoy (S.-et-O.).	Gessat Loiret.	Dandoy.	Gessat.	Dandoy.	Gessat.
1re feuille........	2,8	1,5	0,57	0,36	3,9	2,2
2me »	2,7	0,95	0,55	0,22	4,7	1,8
3me »	2,0	0,6	0,45	0,09	4,9	1,1
4me »	1,6	0,6	0,28	0,06	4,2	0,45
5me »	1,1	0,4	0,18	0,06	1,7	0,15

De ces chiffres, il ressort que chaque feuille possède bien sa composition chimique propre. Par ailleurs, les feuilles de même niveau s'alimentent dans les deux exemples cités d'une façon tellement différente suivant leur origine, qu'elles constituent à juste titre pour N. P. K. en 1949 une mesure des possibilités nutritives du milieu.

En résumé, nous pouvons formuler à nouveau, mais d'une façon plus générale, cette conclusion énoncée à propos de nos travaux sur vigne : *L'estimation de la valeur alimentaire d'un milieu cultivé pour une plante donnée, par cette plante même, peut se faire avec une précision et une sûreté qui répondent aux besoins de l'Agronomie.*

([6]) L. Maume, *Annales Agronomiques*, 10, 1940, p. 15.

([7]) H. Lagatu et L. Maume, *C. R. Ac. d'Agriculture*, 14, 1928, p. 762.

ZOOLOGIE. — *Migration du matériel blastogénétique chez les hydroides calyptoblastiques*. Note de M. **Alexandre Cantacuzene**, présentée par M. Louis Fage.

La majeure partie du matériel ectodermique utilisé dans la blastogénèse provient d'une aire histogénétique postérieure au bourgeon, et gagne par migration le point végétatif. L'aire histogénétique est homologue de la zone blastogénétique des Hydres. D'autres mouvements cellulaires, passifs, naissent dans les deux feuillets sous l'effet des contractions du cœnosarc, qui joue ainsi un rôle morphogénétique.

Les travaux récents consacrés à la morphogénèse ont souvent renouvelé l'interprétation classique de ses mécanismes : il en est ainsi pour la croissance et la morphogénèse des Hydres (Brien). Ils ont mis en relief l'importance des migrations cellulaires, et révèlent, chez les Hydroïdes coloniaux, l'existence de mouvements rythmiques du bourgeon dus aux contractions du cœnosarc. (Hauschka, Hammett, Berrill).

Des recherches concernant le rôle de ces contractions rythmiques dans la blastogénèse nous ont amené à étudier le mécanisme cellulaire de la croissance, et le taux des mitoses : il est apparu que ce taux était beaucoup trop bas dans l'ectoderme apical pour rendre compte de l'accroissement de ce feuillet. On pouvait supposer qu'une partie du matériel blastogénétique avait une origine différente. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons étudié plusieurs Campanulariidès : *Obelia longissima* (Pallas), *Obelaria gelatinosa* (Pallas), *Laomedea flexuosa* Hincks, *L. angulata* Hincks. Les résultats que nous rapportons ont trait à la croissance des hydrocaules.

Notre premier but était de préciser la nature des facteurs conditionnant la croissance, indépendamment de ceux qui règlent les modalités de la blastogénèse.

En soumettant des colonies au jeûne, on peut influencer le rythme de la croissance et obtenir, en épuisant les réserves nutritives, l'inhibition totale ou partielle de la blastogénèse. L'étude de l'apparition du bourgeon, dans ces conditions, permet d'isoler les facteurs qui la conditionnent. A ce moment, les parties de l'axe postérieures au bourgeon présentent une vaste aire histogénétique ectodermique : elle entre en fonction avant l'apparition du bourgeon et reste active pendant toute la croissance, progressant en même temps que le point végétatif. L'activité de la blastogénèse varie parallèlement à celle de l'aire histogénétique et à sa richesse en cellules embryonnaires ; la croissance cesse quand le feuillet ectodermique s'épuise, lors de l'appauvrissement des réserves nutritives de l'endoderme et de l'hydroplasme.

Ainsi l'accumulation préalable et la genèse continue d'éléments embryonnaires dans la région proximale de l'axe conditionnent la blastogénèse.

L'observation prolongée de bourgeons colorés vitalement révèle l'existence

de migrations cellulaires : on les décèle dans une aire étendue comprenant le bourgeon et les parties proximales de l'axe, notamment la zone histogénétique. Il s'agit de déplacements lents, orientés apicalement, qui gagnent le point végétatif : perceptibles dans les deux feuillets, ils sont plus rapides et mieux visibles dans l'ectoderme, dont tous les types cellulaires participent à la migration et manifestent une forte activité amiboïde. La vitesse moyenne de progression, déterminée par l'examen individuel des cellules, est de 30-60$^{\mu}$ par heure, et approche celle de la croissance : le rythme de ces deux mouvements varie d'ailleurs parallèlement.

De fortes variations de la vitesse de migration se révèlent dans les zones annelées de l'axe, au niveau de l'ectoderme : la progression se ralentit à l'approche de l'obstacle formé par la gorge des anneaux et s'accélère après leur franchissement. Le déplacement des éléments endodermiques, lié aux contractions du cœnosarc, est passif; il cesse aux abords du point végétatif, où ces cellules semblent adhérer à la mésoglée.

Quel est le rôle des contractions rythmiques du cœnosarc dans la migration des cellules? Des ondes contractiles le parcourent toutes les 3-5 minutes, de la base vers l'apex; elles créent, à chaque systole, un état de surpression hydrostatique qui gagne, par les strates cellulaires et l'hydroplasme, le point végétatif : mis en tension, l'endoderme uni à la mésoglée bombe en avant, en tassant les cellules ectodermiques apicales et celles qui, par migration affluent continuellement au point végétatif. Il en résulte l'expansion de ce dernier, grâce à l'élasticité de sa cuticule chitineuse. Les pressions systoliques ont ainsi un rôle morphogénétique, en repoussant et en répartissant distalement le matériel ectodermique immigré, pendant la phase d'expansion du point végétatif.

Le rôle des contractions se vérifie encore dans les zones proximales de l'axe : la progression cellulaire, ample et rapide durant la systole se ralentit ou s'inverse même au cours du relâchement diastolique. Ces reculs diastoliques, très marqués dans l'endoderme, ont toutefois une amplitude moindre que celle de la progression systolique. De fortes différences des vitesses de progression cellulaire dans les deux feuillets en regard s'observent souvent, notamment au début de la formation des hydranthes : cette indépendance de mouvement des feuillets doit jouer un rôle notable au cours de la morphogénèse.

Ainsi les mouvements cellulaires observés dans la zone de croissance reconnaissent une double origine : mouvements actifs de migration du matériel blastogénétique ectodermique : déplacements passifs, provoqués dans les deux feuillets par les contractions du cœnosarc. Ces deux types de mouvement, relevant de mécanismes indépendants, associent leurs effets au cours de la morphogénèse, et sont sans doute responsables des modalités de la blastogénèse.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Inversion du sexe (féminisation) chez l'Urodèle* Pleurodeles Waltlii Michah., *traité par le benzoate d'œstradiol.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des têtards de *Pleurodeles Waltlii Michah.*, traités pendant leur vie larvaire par une solution hydroalcoolique de benzoate d'œstradiol à la concentration de 600 γ/l d'eau, ont leur gonade totalement féminisée. L'inversion du sexe est stable, les femelles peuvent s'accoupler et effectuer leur ponte ovarique. Cependant les œufs ovulés ne sont pas évacués à l'extérieur, par suite de l'inhibition des oviductes qui persistent seulement sous forme d'un court segment ostial.

A la suite des expériences d'inversion sexuelle réalisées chez les Amphibiens Anoures, nous avons repris la question chez les Urodèles et, en particulier, chez *Pleurodeles Waltlii Michah.*, espèce qui, par les facilités de sa reproduction et de son élevage, se prête particulièrement à ces expériences. Les recherches ont été poursuivies sur trois séries de ponte en 1948-1949-1950. Les têtards ont subi, pendant leur vie larvaire, l'action de solutions hydroalcooliques de benzoate d'œstradiol purissime, calculées de manière à réaliser une concentration de 600 γ/l de l'eau dans laquelle vivent les animaux. La densité des élevages a été de quatre têtards pour un litre d'eau. L'eau des bacs et la solution d'hormone sont renouvelées tous les 3 jours pendant la durée des expériences et jusqu'à la métamorphose. Celle-ci s'effectue au bout de 2 à 3 mois. A ce moment, le traitement est arrêté et les animaux sont élevés normalement. Le début du traitement a, selon les séries, commencé entre le 11e et le 27e jour après la ponte. A partir du début du traitement et jusqu'à la métamorphose, la température des élevages a été de 24°. Nous résumons ci-dessous les données numériques expérimentales essentielles, dont le détail ne peut être exposé ici.

Expériences.	Nbre initial d'animaux en expérience.	Mortalité.	Animaux : fixés avant et pendant la métamorphose.	Animaux : étudiés entre 7 et 29 mois.
A_{48}	31	3	4	24
B_{48}	60	19	17	24
A_{49}	40	9	10	21
Totaux	131	31	31	69

Nous nous attacherons ici aux 69 animaux observés après la métamorphose, à partir du 7e mois, c'est-à-dire à un moment où l'identification des gonades, alors bien différenciées, est facile. Nous réservons ceux qui ont été fixés pendant la vie larvaire et la métamorphose et qui sont destinés à suivre l'étude des processus de l'inversion sexuelle. Mentionnons simplement que le choix de ces animaux a été fait absolument au hasard.

Le résultat est extrêmement simple et net : sur 69 animaux observés entre le 7e et le 29e mois de leur vie, il y avait 68 femelles pourvues de beaux ovaires et un intersexué.

Ce dernier possédait deux testicules, mais, devant chacun d'eux, on observait deux bandelettes ovariennes, témoignant d'une section féminisante qui, dans ce cas, avait été insuffisante pour assurer la stabilité de la féminisation. Pour chaque série, l'examen de témoins de la même pente donna respectivement : 10 ♂♂ : 9 ♀♀ (A 48); 24 ♂♂ : 27 ♀♀ (B 48); 3 ♀♀ : 9 ♂♂ (A 49), soit au total : 39 ♀♀ : 43 ♂♂. La comparaison de ces résultats indique que, sous l'action du benzoate d'œstradiol, aux *doses* et dans les conditions indiquées, la féminisation de tous les individus a été réalisée. On peut donc *inverser les mâles génétiques du Pleurodèle en femelles physiologiques*.

Lorsque l'inversion est réalisée, l'inflexion sexuelle reste *définitive* (sauf pour l'unique intersexué observé). Les ovaires continuent à se développer, les ovocytes effectuent leur vitellogénèse et, au bout d'un an, commencent à se charger du pigment noir caractéristique des œufs mûrs. De sorte que, si l'on examine les ovaires au bout de 18 mois, il n'est pas possible d'observer de différence avec des ovaires normaux. Corrélativement, aucun des animaux ainsi féminisés ne possède la callosité caractéristique des mâles. On pouvait espérer, dans ces conditions, obtenir des femelles physiologiques fonctionnelles, qui eussent été des mâles génétiques, et réaliser le croisement entre deux mâles génétiques, l'un des partenaires du couple étant devenu une femelle physiologique.

En fait, l'expérience n'est pas possible. En effet, dans les conditions expérimentales indiquées, les animaux sont tous dépourvus d'oviducte fonctionnel. Il existe seulement un ostium prolongé par un petit tube court, terminé en cul-de-sac. Les femelles obtenues sont parfaitement capables de s'accoupler et d'effectuer leur ponte ovulaire. Les œufs tombent dans la cavité générale en grand nombre. A titre d'exemple, signalons que nous avons compté, pour deux femelles après accouplement, respectivement 224 et 115. Ces œufs s'accumulent dans le cul-de-sac faisant suite à l'ostium et qui se trouve alors considérablement distendu. Si l'on tarde à faire l'autopsie, on trouve, dans la cavité générale, une bouillie provenant des œufs désintégrés. Cette inhibition de l'oviducte sous l'action de l'hormone femelle reste à expliquer. Les recherches à cet égard sont en cours. Les résultats obtenus avec l'hormone femelle, chez le Pleurodèle, confirment pleinement ceux que Foote (1941) (1) et Burns (1938) (2) ont obtenus respectivement chez *Amblystoma opacum* et *Amblystoma punctatum*.

---

(1) *J. Exp. Zool.*, 86, 1941, p. 291.
(2) *Anat. Rec.*, 71, 1938, p. 447.

ENTOMOLOGIE. — *Observations sur le déterminisme de la récolte du pollen par les colonies d'Abeilles.* (Apis mellifica *L.*). Note de M. **Jean Louveaux**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On admet généralement que les ruches orphelines récoltent peu ou pas de pollen alors qu'une colonie normale en récolte en abondance pendant la belle saison.

Nous nous sommes proposé de vérifier l'exactitude de cette observation et de déterminer les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une colonie d'Abeilles dirige son activité vers la récolte du pollen.

Nous avons utilisé pour nos expériences la *trappe à pollen*, dispositif maintenant classique. Nous avons pu établir qu'il y avait progression ou régression dans les récoltes de pollen par comparaison de celles-ci avec les récoltes de deux ruches témoins situées au même endroit, entièrement normales et munies de trappes à pollen semblables à celles des ruches en expérience.

Nos premières observations furent faites sur un essaim nu placé sur cire gaufrée. Cet essaim, mis en ruche le 12 mai, a commencé à récolter du pollen le 13 mai. Les quantités récoltées journellement, d'abord faibles, ont été en progression constante. Cette progression a suivi le développement du nid à couvain. On a pu provoquer une augmentation des récoltes en introduisant deux cadres de couvain ouvert (6 juin), puis une nouvelle augmentation (14 juin) par introduction d'un cadre de couvain operculé.

Un second essai a porté sur une colonie de l'année précédente entièrement normale. La reine fut supprimée le 16 mai. Il n'en résulta une baisse dans les récoltes de pollen que vers le 21 mai, au moment où une grande partie du couvain ouvert avait fait place à du couvain operculé. Les cellules royales édifiées furent supprimées le 26 mai. On n'enregistra pas de réaction immédiate à la suite de cet orphelinage définitif, mais une diminution progressive des récoltes de pollen qui devinrent très faibles vers le 1er juin. A ce moment, il n'y avait plus de couvain. Une reprise très nette des récoltes se manifesta peu après par suite de la présence d'ouvrières pondeuses. Cette activité dura jusque vers le 15 juillet. Le 19 juillet, la ponte des ouvrières avait cessé et à partir de ce moment, les récoltes de pollen furent en diminution régulière sans jamais cesser complètement. Au début du mois de septembre, la colonie mourut, mais les récoltes de pollen, très réduites, avaient duré jusqu'à ce moment.

Un troisième essai fut réalisé le 27 juin à partir d'une colonie normale de l'année précédente. Cette colonie fut dédoublée par déplacement de telle sorte que l'on obtint :

Une colonie nouvelle qui fut installée à 5m de l'ancienne et qui comprenait la reine, le couvain et toutes les jeunes abeilles.

Une souche qui fut laissée sur place et qui comprenait toutes les butineuses, des provisions de miel, des rayons bâtis vides et une reine étrangère encagée.

Dans la colonie nouvelle, les récoltes de pollen cessèrent totalement le 28 juin. Les 29, 30 juin et 1er juillet les récoltes furent respectivement de trois, six et quatre pelotes, c'est-à-dire pratiquement négligeables. A partir du 2 juillet, la progression fut constante et le 6 juillet la colonie avait retrouvé un niveau de récolte comparable à celui des témoins.

Dans la souche, les récoltes continuèrent après le 27 juin, mais furent faibles. Après libération de la reine, le 1er juillet, il y eut une progression mais la colonie resta faible et ne retrouva pas le niveau antérieur des récoltes.

Conclusions. — Nos observations confirment dans leur ensemble celles des apiculteurs, mais l'orphelinage ne provoque qu'après un délai important une baisse visible dans les récoltes de pollen.

La récolte du pollen ne semble pas liée à la présence de la reine, mais beaucoup plus à celle du couvain et des jeunes Abeilles. Une augmentation artificielle du nombre des larves à nourrir sans augmentation de la population adulte provoque un accroissement des récoltes du pollen. De même, une augmentation du nombre des jeunes Abeilles par introduction de couvain naissant. Il serait intéressant de rechercher si cette augmentation est due à un accroissement de l'activité des butineuses ou s'il s'agit d'une régulation intervenant entre les différentes catégories d'ouvrières.

Dans un seul cas, il a été possible de ramener à zéro ou à un niveau très voisin de zéro les récoltes de pollen : c'est le cas de la suppression des butineuses. La régulation sociale signalée par Nelson (1) et par Beets (2), d'après un travail de Himmer, ne semble pas suffisante pour combler le déficit des butineuses. Dans tous les autres cas, y compris la décrépitude voisine de l'extinction de la colonie, les Abeilles ont continué à collecter du pollen.

On peut donc penser que si l'importance des récoltes de pollen est fonction de l'étendue de la population larvaire et imaginale jeune, consommatrice de pollen, le stimulus conditionnant la récolte du pollen subsiste jusque dans les colonies les plus désorganisées. Nous rapprocherons ces faits de ceux signalés par Roubaud (3) à propos de l'Abeille désocialisée. Roubaud a en effet observé dans un groupe de deux Abeilles, vivant en dehors de toute colonie, la subsistance d'une tendance à la récolte du pollen.

---

(1) *Amer. Bee J.*, 67, 1927, p. 242-243.

(2) *Amer. Bee J.*, 70, 1930, p. 447.

(3) *Colloque sur les Sociétés animales*, Paris, 1950.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le retournement des ptérothèques chez les Orthoptères Gryllides.* Note (*) de M. **Robert Sellier**, présentée par M. Pierre P.-Grassé.

Chez les Gryllides, et d'une façon générale chez tous les Orthoptères (s. str.), les élytres et les ailes se développent aux dépens d'*expansions latérales* des méso et métanotum, cachant partiellement les pleures. A un certain stade (généralement l'avant-dernier stade larvaire), ces expansions effectuent une rotation d'environ 260° autour de leur large base d'insertion orientée longitudinalement par rapport au corps. Cette rotation a pour résultat de les amener en position dorsale; de ce fait, leur face primitivement inférieure devient supérieure et les ébauches des ailes recouvrent en partie celles des élytres. Au cours de la mue imaginale, une nouvelle rotation (cette fois de 360°), autour de la base maintenant réduite à un point (pédoncule d'insertion), ramène l'ensemble en position normale, les élytres recouvrant alors les ailes qui se replient longitudinalement. Ce mode, si spécial de développement de l'appareil alaire et connu seulement chez les Orthoptères parmi tous les Insectes hétérométaboles, a été désigné sous le nom d'*anastréphoptère* [Chopard, 1949 ([1])].

Trois hypothèses peuvent être émises sur le mécanisme de ces retournements successifs des ptérothèques : *a.* l'action d'un déplacement des insertions musculaires au cours du développement; *b.* un effet de croissance de certains pleurites (principalement épisternes et épimères méso et métathoraciques qui, à un certain moment, viendraient buter contre l'aisselle des ptérothèques en les obligeant à se redresser) (ceci n'expliquerait d'ailleurs que le premier retournement); *c.* un mécanisme propre aux ptérothèques elles-mêmes.

Pour vérifier ces différentes hypothèses, nous avons effectué un certain nombre d'expériences sur deux espèces de Grillons : *Gryllus campestris* L. et *Gryllus bimaculatus* de Geer.

Expériences. — Elles consistent à transplanter sur la face externe de l'un des bords réfléchis du *pronotum* d'une larve au 4e stade larvaire, une ébauche d'élytre empruntée à une autre larve du même âge, du même sexe et de la même espèce. L'ébauche est insérée suivant la position normale à cet âge, c'est-à-dire en situation latérale, son extrémité libre dirigée vers le bas. Les ébauches de l'hôte restent en place à titre de témoins.

Résultats. — A la mue suivante, la prise d'un certain nombre de greffons est assurée et au cours des stades ultérieurs, ces greffons conservent, tout en s'accroissant, leur position latérale; mais lorsque se produit, chez l'hôte, le premier retournement des ptérothèques (7e ou 8e stade larvaire chez

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) *Traité de Zoologie* de P.-P. Grassé, 9, Paris, p. 650.

G. bimaculatus, 9ᵉ stade chez *G. campestris*), le greffon se retourne également et prend, sur le pronotum, une position dorsale. Enfin, au moment de la mue imaginale, le greffon se retourne à nouveau, comme les ptérothèques de l'hôte et donne un élytre normalement constitué.

De ceci il résulte donc que les deux premières hypothèses précédemment émises sont à rejeter, du fait que, d'une part, dans le pronotum il n'existe pas d'insertions de muscles alaires et que, d'autre part, l'insertion des greffons sur la face externe des lobes latéraux du pronotum les soustrait à une action éventuelle des pleurites sous-jacents.

Seule la troisième hypothèse se trouve donc à retenir. En effet, des coupes histologiques pratiquées dans le ptérothorax, peu de temps avant chacun des retournements, montrent une différence de croissance très importante des cellules hypodermiques entre chacune des faces des ptérothèques, principalement à la base. L'hypoderme de la face concave (aisselle) est beaucoup plus développé (cellules plus hautes et plus serrées, couche chitineuse plus plissée) que celui de l'autre face. Lors de la mue, l'hypoderme de la face concave, en se déplissant, s'allonge donc beaucoup plus que celui de la face convexe et provoque de ce fait le retournement de la ptérothèque. Les détails exacts de ce mécanisme seront précisés ultérieurement.

Indiquons en terminant que des greffons prélevés sur des individus plus jeunes ou plus âgés que le porte-greffe (par exemple greffons du 3ᵉ ou 5ᵉ stade larvaire transplantés sur des porte-greffes du 4ᵉ stade larvaire), évoluent comme des ptérothèques de l'hôte et se retournent en même temps qu'elles.

En résumé, les résultats obtenus ici, et qui semblent pouvoir être étendus à tous les autres Orthoptères (Ensifères et Acridiens), montrent que les retournements si caractéristiques des ptérothèques, dans cet ordre d'Insectes, sont dus à un mécanisme appartenant en propre à l'aile elle-même, indépendammment de toute action d'une autre partie quelconque de la région thoracique. La simultanéité du retournement des ptérothèques greffées avec celles du porte-greffe de même espèce, même lorsque les greffons sont d'âge différent, souligne l'influence du porte-greffe sur le comportement des greffons.

BIOLOGIE MARINE. — *Sur la répartition en zones des Diatomées marines fixées.* Note (*) de M. **Anwar Abdel Aleem**, présentée par M. Roger Heim.

Dans la région littorale (la région littorale étant considérée comme s'étendant du niveau des plus hautes mers au niveau des plus basses mers des marées d'équinoxe), certaines des Diatomées fixées présentent une distribution par zone comparable à celle des Algues littorales, particulièrement dans les localités où l'amplitude des marées est régulière. Les Diatomées fixées les plus fréquentes, croissant dans la zone des marées peuvent être classées dans les groupes suivants :

1. Espèces croissant exclusivement dans la région littorale supérieure. Ces espèces sont plus souvent exondées qu'immergées. Comme exemple, *Achnanthes brevipes* Ag. se rencontre sur les côtes, dans la zone des Cyanophycées, au-dessus du niveau des hautes mers avec *Calothrix scopulorum* et d'autres Cyanophycées. Je propose d'appeler ce groupement : Communauté *Achnanthes-Calothrix*.

2. Espèces croissant exclusivement dans la région littorale basse. Elles sont plus souvent submergées qu'exondées et se trouvent presque toujours plus bas que la zone *Ascophyllum nodosum-Fucus vesiculosus*. Parmi elles : *Achnanthes longipes* Ag., *Rhoicosphenia marina* (W. Sm.) M. Schmidt, *Rhabdonema arcuatum* (Lyngb.) Kütz., *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz. et *Licmophora Juergensi* Ag. Il est à remarquer que les frustules d'*Achnanthes brevipes* qui vivent dans la zone la plus élevée montrent, en vue connective, deux chromatophores en plaque alors que les frustules d'*A. longipes* possèdent des chromatophores nombreux, petits et arrondis. Dans ce genre, ces éléments tendent donc à accroître leur surface quand augmente la profondeur de submersion.

3. Espèces s'étendant sur une plus grande hauteur de la zone des marées, mais présentant un maximum à un niveau particulier. Par exemple, *Schizonema ramosissima* Ag. offre sur les côtes du Sud de l'Angleterre un maximum dans la zone *Laurencia-Corallina* alors que pour *Schizonema Grevillei* Ag. il se situe dans la zone de *Fucus serratus*.

4. Espèces se rencontrant à certaines époques dans toutes les zones comme *Licmophora gracilis* (Ehr.) Grun., *Synedra tabulata* (Ag.) Kütz., *Fragilaria hyalina* (Kütz.) Grun., *Opephora marina* (Greg.) Petit. Pendant la période de croissance maximum des Diatomées, au début du printemps, quand les conditions de nutrition dans le milieu et les autres conditions physiques sont favorables à une multiplication rapide, de nombreuses espèces appartenant à ce dernier groupe se rencontrent dans toute la région intercotidale, même dans la zone des embruns. Mais elles disparaissent assez vite de cette dernière zone lorsque commence le temps chaud, puis disparaissent graduellement du reste de la région littorale. Une disparition descendante similaire a lieu pour la plupart des Diatomées de la région littorale. Pendant l'été, quelques espèces seulement appartenant pour la plupart au groupe littoral inférieur subsistent. Elles passent la saison défavorable réduites à quelques individus qui demeurent dans la région littorale la plus basse ou en eau profonde.

En dehors de la succession des saisons qui affectent la distribution des zones de Diatomées, l'éclairement est un facteur qui joue aussi un rôle. L'ombre protectrice offerte, à mi-marée, dans les fissures et les petites grottes des roches ou sous la végétation assez dense des cuvettes littorales permettent à des espèces de la région littorale inférieure de croître dans ces habitats. Dans le cas où la végétation est trop épaisse et l'habitat trop ombragé, les Diatomées disparaissent, comme sous les *Fucus vesiculosus* et *F. serratus* ou sur la face

inférieure des lames de *Laminaria* situées dans les cuvettes d'eau calme ([1]).

Quant à la région sublittorale, on ne possède pas actuellement de données exactes en ce qui concerne la profondeur maximum à laquelle les Diatomées fixées peuvent vivre; mais, dans la région de Banyuls, j'ai observé récemment environ 70 espèces, pour la plupart épiphytes sur des Algues (*Ectocarpus*, *Sphacelaria*, *Halopteris* et *Polysiphonia*) fixées sur un fond rocheux à environ 30 mètres de profondeur. Parmi elles, le genre *Mastogloia* était abondamment représenté tant comme espèces (14) que comme individus et le genre *Cocconeis* par 4 espèces dont *C. molesta* Kütz. et *C. scutellum* Ehr. étaient les plus abondants. Vient ensuite en importance le genre *Synedra* (5 sp.) parmi lesquelles *S. undulata* Bailey était abondant. Les genres *Diploneis*, *Navicula*, *Amphora* et *Nitzschia* étaient aussi représentés par plusieurs espèces, mais le nombre d'individus de chacune d'elles était relativement très faible, à l'exception des *Nitzschia closterium* (W. Sm.) Ehr. et *Nitzschia longissima* Ralfs.

Entremêlées aux filaments d'Algues, se trouvaient, à cette profondeur, de nombreuses spores à l'état de repos du genre planctonique *Chaetoceros*. Sédimentées du plancton, elles semblent passer leur période de repos en eau profonde jusqu'à ce que se manifestent des conditions favorables à leur développement; elles s'élèvent alors, vers la surface, avec les courants ascendants.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Étude de la dissociation de l'hémocyanine d'*Helix pomatia *par la méthode des courbes de relargage.* Note (*) de MM. **Yves Derrien**, **Jean Roche** et Mme **Georgette Laurent-Tabusse**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'ultracentrifugation à divers pH de l'hémocyanine d'*Helix pomatia* (P. M. $= 8{,}9 . 10^6$) a mis en évidence la dissociation réversible de ce chromoprotéide en demi-molécules et en huitièmes de molécule à des pH supérieurs à 7,0 et inférieurs à 4,5; l'existence à l'état paucidispersé d'autres hémocyanines a par ailleurs été établie au moyen de la même méthode ([1]).

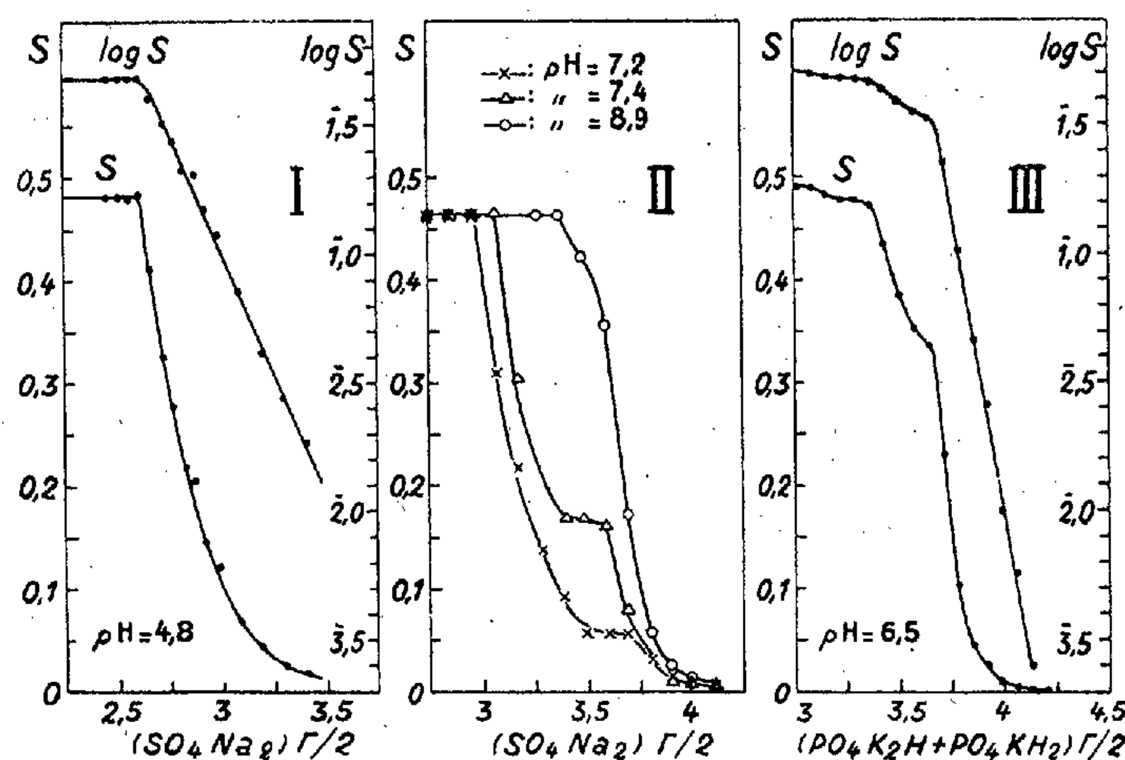
L'hétérogénéité de ces chromoprotéides se manifeste également dans leur relargage par les sels neutres, mais une relation quantitative entre les données fournies par l'ultracentrifugation (paucidispersion) et les courbes de solubilité des hémocyanines en fonction de concentrations croissantes en un sel neutre (existence de plusieurs constituants de solubilité diverses) n'a pas encore

---

([1]) A. A. Aleem, *Journ. Ecol. London*, 38, 1950, p. 75-106.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

pu être mise en évidence ([2]). Il y avait dès lors intérêt à étendre les recherches déjà poursuivies dans ce domaine à des processus de dissociation étudiés quantitativement par ultracentrifugation après notre premier travail.



Courbes de relargage de l'hémocyanine d'*Helix pomatia* par différents sels neutres à divers pH : I, sulfate de sodium, pH = 4,7; II, sulfate de sodium, pH = 7,2-7,4 et 8,9; III, mélange équimoléculaire de phosphates mono- et dipotassique, pH = 6,5. *Abscisses :* concentration en sels neutres exprimés en force ionique ($\Gamma/2$). *Ordonnées :* S, concentration en protéine dissoute exprimée en milligrammes d'azote par centimètre cube et log S.

L'hémocyanine d'*Helix pomatia* se dissocie partiellement (environ 75 % de demi-molécules et 25 % de molécules intactes) sous l'action spécifique de certains sels, alors que d'autres sont à cet égard sans effet ([3]). Nous nous sommes proposé d'établir des courbes de relargage de ce chromoprotéide à des pH compris (4,8 et 6,5) ou non (7,2, 7,4 et 8,9) dans sa zone de stabilité, en présence soit d'un mélange équimoléculaire de phosphates mono- et dipotassique dissociant l'hémocyanine d'*Helix pomatia*, soit de sulfate de sodium, sel dépourvu d'action sur la taille des particules du pigment.

Quatre lots d'hémocyanine pure ont été préparés, chacun à partir de 5^{kg} d'animaux, au moyen d'une méthode élaborée par l'un de nous ([4]) et nous avons poursuivi sur eux l'étude projetée. Un exemple des courbes de relar-

---

([1]) T. Svedberg et F. F. Heyroth, *Nature*, **51**, 1929, p. 550; T. Svedberg et J. B. Eriksson-Quenssel, *Biol. Bull.*, **71**, 1936, p. 498.

([2]) J. Roche et Y. Derrien, *Bull. Soc. chim. biol.*, **22**, 1940, p. 7.

([3]) S. Brohult, *Nov. Act., Reg. Soc. sc.*, Upsal, IV, **12**, n° 4, 1940, 69 p.; S. Brohult et K. Borgmann, p. 429, in vol. jubil. T. Svedberg. Wirksells et Almquist, éd. Upsala, 1 vol., 1945, 731 p.

([4]) J. Roche, *Essai sur la biochimie générale et comparée des pigments respiratoires*, 1 vol., 170 p., Paris, 1936.

gage ([5]) obtenues dans diverses conditions expérimentales est reproduit sur la figure I; celle-ci illustre l'ensemble, très homogène, de nos résultats.

Les faits suivants se dégagent de nos recherches :

1° L'hémocyanine d'*Helix pomatia* présente dans des milieux riches en sulfate de sodium, à pH 4,8, une homogénéité que traduisent à la fois son ultracentrifugation ([3]) et son relargage (courbes I). La dissociation de la même protéine dans une solution d'un mélange de phosphates mono- et dipotassique de pH 6,5, va de pair avec l'existence de deux fractions principales ([6]) de solubilités diverses, dont l'une représente 69 % et l'autre 27 % de la protéine (courbe III). Comme 75-70 % de l'hémocyanine sont alors à l'état de demi-molécules et 25-30 % à l'état non dissocié ([3]), il est légitime d'envisager que la fraction la plus soluble de la protéine correspond aux premières et celle la moins soluble aux molécules intactes.

2° Alors que le chromoprotéide est homogène à pH 4,8 en présence de sulfate de sodium (courbes I), son hétérogénéité se manifeste dans les mêmes milieux par l'existence de deux fractions aux pH supérieurs à 7,0 (courbes II). La plus soluble de celles-ci renferme 12 % de l'hémocyanine à pH 7,2, 35 % à pH 7,4 et 90 % à pH 8,9. A ce dernier pH, l'ultracentrifugation en l'absence de sels neutres et à faible concentration en protéines ne révèle l'existence que de huitièmes de molécules ([1]).

Conclusions. — La dissociation de l'hémocyanine d'*Helix pomatia* provoque des modifications de solubilité dont l'étude quantitative a été poursuivie en présence de divers sels et à différents pH. Cette étude a permis de relier les résultats obtenus par l'ultracentrifugation du chromoprotéide et par l'établissement de ses courbes de relargage. Elle présente, de ce fait, un intérêt général en ce qui concerne la signification et l'interprétation de ces dernières.

IMMUNOLOGIE. — *Sur les causes de l'activité de la précipitine antiglobuline sur la sérum-albumine.* Note (*) de MM. **Maurice Doladilhe**, **Marcel Mazille** et **Pierre Legrand**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'activité de la précipitine antiglobuline sur la sérum-albumine s'explique du fait que l'action précipitante s'exerce électivement sur la globuline que le sulfate d'ammonium y laisse toujours subsister.

La précipitation d'un antigène par sa précipitine est une réaction spécifique ([1]) comme toutes les réactions antigène-anticorps.

([5]) Y. Derrien, *Svensk. Kem. Tidskr.*, 59, 1947, p. 139.

([6]) Une très faible fraction (4 %), correspondant sans doute à un agrégat, est en outre individualisée sur les courbes III aux plus faibles concentrations en sel précipitantes.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) Opie, *Journ. Immunol.*, 8, 1923, p. 19.

Cette précipitation présente le phénomène de zone; elle ne se produit, en effet, qu'entre deux concentrations C_1 et C_2 (C_1, C_2) de l'antigène; C_1 est la concentration *seuil* à partir de laquelle la précipitation s'amorce, croît, passe par un maximum, décroît puis s'annule pour la concentration C_2 au delà de laquelle le précipité est soluble dans l'excès d'antigène.

Mais lorsque l'antigène est constitué par de la sérum-globuline, la spécificité ne paraît plus être observée; la précipitine réagit en effet non seulement sur la sérum-globuline, mais aussi sur la sérum-albumine ([2]).

Notons cependant qu'il faut beaucoup plus de sérum-albumine que de sérum-globuline pour obtenir la précipitation, ce qui se traduit par un déplacement de la zone vers les concentrations élevées.

Il est cependant difficile de refuser à la précipitine anti-globuline le caractère principal des anticorps : la spécificité, alors que toutes les autres précipitines se comportent comme des anticorps. Nous ne pouvons expliquer cette dualité d'action qu'en l'attribuant à la présence d'albumine dans la globuline (qui conduirait à un anticorps à double spécificité) ou de globuline dans l'albumine (qui lui communiquerait les caractères antigèniques de la globuline).

Les travaux de Tisélius ([3]) nous invitent à écarter, de suite, la première de ces hypothèses pour adopter la seconde; ils démontrent, en effet, que la sérum-albumine est toujours souillée de sérum-globuline (dans la proportion de 20 à 25 %), alors qu'au contraire la sérum-globuline n'est jamais souillée de sérum-albumine.

C'est également la conclusion de Colette Magis et Michel Machebœuf ([4]), de Francis Tayeau et Micheline Florentin ([5]).

Pour soumettre la seconde hypothèse au contrôle expérimental, il faut d'abord extraire de la sérum-albumine ces souillures globuliniques. La dialyso-électrolyse, due à l'un de nous ([6]), est, à notre connaissance, la seule méthode qui permette de précipiter, *sans la dénaturer, sous forme d'un protéide de consistance visqueuse,* la globuline que le sulfate d'ammonium laisse toujours subsister dans la sérum-albumine.

Nous avons ensuite comparé le pouvoir précipitant de la précipitine anti-globuline sur :

([2]) DEMME, *La cellule*, **24**, 1907, p. 315.

([3]) *Tra. Farad. Soc.*, **33**, 1937, p. 524.

([4]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1945, p. 302.

([5]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **17**, 1945, p. 314.

([6]) MAZILLE, *Thèse doct. ès Sciences*, Montpellier, 1944.

a. la sérum-albumine *totale* (obtenue par fractionnement au sulfate d'ammonium);

b. le protéide visqueux (globuline) extrait de la sérum-albumine *totale* par dialyso-électrolyse;

c. la sérum-albumine *purifiée*, c'est-à-dire débarrassée de ce protéide visqueux.

Précisons que toutes ces solutions sont soigneusement ramenées au même volume.

Nos expériences ont porté sur le Mouton, le Cheval et le Bœuf; nous avons utilisé comme anti-sérum le sérum du Lapin préparé par les globulines correspondantes.

Le coefficient pH des mélanges constitués par 1^{cm^3} d'anti-sérum et 1^{cm^3} des solutions portées à des dilutions *l* croissantes s'est maintenu pour toutes ces expériences entre 6,5 et 6,8.

Le tableau ci-dessous donne, pour le sérum de Mouton, un exemple des résultats obtenus.

l indique les dilutions auxquelles sont portées les solutions, les signes + ou — indiquent respectivement la présence ou l'absence de précipitation.

l.	Sérum-albumine *totale*.	Sérum-albumine *purifiée*.	Protéide visqueux.
0	—	—	—
5	—	—	—
10	—	—	—
15	+	—	+
25	+++	—	+++
50	++	—	++
75	+	—	+
100	—	—	—
150	—	—	—
200	—	—	—

L'activité de la précipitine se limite à la sérum-albumine *totale* et au *protéide visqueux* y contenu; les zones de précipitation sont identiques.

L'action de la précipitine anti-globuline sur la sérum-albumine *totale* s'exerce donc électivement sur le *protéide visqueux* qu'elle contient. D'ailleurs, la sérum-albumine *purifiée*, c'est-à-dire privée de ce *protéide visqueux* ne réagit pas à la précipitine.

Ces faits démontrent que :

a. le protéide visqueux s'identifie bien à la sérum-globuline;

b. la non-spécificité attribuée par Demme à la précipitine anti-globuline n'est qu'apparente. La confusion est due à l'imperfection de la méthode de fractionnement par le sulfate d'ammonium qui fournit une sérum-albumine souillée de globulines.

A 15^h40^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17^h.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 18 septembre 1950.)

Note présentée le 11 septembre 1950, de M. *André Blanc-Lapierre*, Quelques modèles statistiques utiles pour l'étude du bruit de fond :

Page 566, 17e ligne, *au lieu de* $E\{|X|\}$, *lire* $E\{|X|^2\}$.
» 567, 8e » , *au lieu de* $\Phi(u_1, u_2)+\ldots$, *lire* $\Phi(u_1, u_2)=\ldots$



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 NOVEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ahmad Bey**, Directeur général du Département de la Chimie, au Caire, et **Augusto Pi Suñer**, Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine et Directeur de l'Institut de Médecine expérimentale de Caracas, qui assistent à la séance.

CHRONOMÉTRIE. — *Pendule conique isochrone.* Note (*) de M. **Jules Haag**.

Réalisation d'un pendule d'Huyghens au moyen d'un couteau, dont la forme détermine rigoureusement la vitesse de rotation, laquelle est stable. Les tolérances de fabrication peuvent être compensées par un réglage.

1. Huyghens a construit une horloge réglée par un pendule conique, constitué par un fil s'enroulant sur la développée d'une parabole à axe vertical et tournant autour de cet axe. Une masse ponctuelle terminant le fil décrit cette parabole. Lorsque l'équilibre relatif est atteint, la vitesse angulaire est $\omega_1 = \sqrt{g/p}$, p désignant le paramètre de la parabole. La période est donc indépendante du couple moteur; le pendule est *isochrone*.

Ce dispositif a été abandonné, parce que la *liaison par fil* n'a pas une précision compatible avec les exigences de la chronométrie et aussi parce que la *masse ponctuelle* n'est réalisable qu'approximativement. L'idée d'Huyghens n'en est pas moins intéressante, si l'on peut éliminer les objections ci-dessus.

2. On peut se débarrasser du fil en utilisant un couteau cylindrique dont la section droite (C) roule sur une horizontale O_1x_1. La forme de (C) doit être telle qu'un point O lié au couteau décrive la parabole. Ceci est un problème élémentaire de cinématique, qui comporte une infinité de solutions. La plus

---

(*) Séance du 30 octobre 1950.

simple est obtenue lorsque O_1x_1 est la directrice de la parabole, auquel cas la courbe (C) a pour équation polaire

$$2r\cos^3\frac{\theta}{3}=p.$$

L'objection de la masse ponctuelle disparaît si le pendule lié au couteau admet O pour centre de gravité et si l'ellipsoïde d'inertie correspondant est de révolution autour de la perpendiculaire au plan de la parabole.

Mais il reste à étudier la *stabilité* de l'équilibre relatif. Nous allons, en conséquence, reprendre le problème directement par la Dynamique.

3. Soit $O_1x_1y_1z_1$ un trièdre tournant autour de la verticale ascendante O_1y_1. Appelons θ l'angle de rotation. Soit $Oxyz$ un trièdre dont le mouvement par rapport à $O_1x_1y_1z_1$ est obtenu par le roulement d'un cylindre, dont la section par xOy roule sans glissement sur O_1x_1 et dont les génératrices sont parallèles à Oz. Un corps solide (S) est lié à $Oxyz$. On peut toujours choisir O de manière que le centre de gravité G se trouve sur Oz. Soit c sa cote, m la masse de (S); A, B, ..., F les moments et produits d'inertie relatifs à $Oxyz$, α l'angle de Ox avec O_1x_1. Un plateau (P) est lié à $O_1x_1y_1z_1$, sa face supérieure étant dans le plan $y_1O_1z_1$. Appelons I son moment d'inertie par rapport à O_1y_1 et (a, b, o) les coordonnées de O par rapport à $O_1x_1y_1z_1$. La force vive du système est

$$2T=H\theta'^2+J\alpha'^2+2K\theta'\alpha',$$

avec

$$(1)\qquad H=I+ma^2+mc^2+\frac{A+B}{2}+\frac{B-A}{2}\cos 2\alpha+F\sin 2\alpha,$$

$$(2)\qquad J=mb^2+m\left(\frac{db}{d\alpha}\right)^2+C,\qquad K=mbc+E\sin\alpha-D\cos\alpha.$$

La condition de non-glissement est

$$(3)\qquad b=\frac{da}{d\alpha}.$$

Les forces sont la pesanteur, le couple moteur constant Γ appliqué à (P), le couple L de résistance au roulement du couteau sur (P), le couple $-M(\theta')$ dû à la résistance de l'air sur le plateau (muni éventuellement d'ailettes de freinage) et le couple $-N(\theta',\alpha)$ dû à la résistance de l'air sur (S). Les fonctions M et N croissent avec θ'; nous supposons que N croît aussi avec α.

4. Les équations de Lagrange s'écrivent

$$(4)\qquad \frac{d}{dt}(H\theta'+K\alpha')=\Gamma-M-N,$$

$$(5)\qquad \frac{d}{dt}(J\alpha'+K\theta')-\frac{1}{2}[H'(\alpha)\theta'^2+J'(\alpha)\alpha'^2+K'(\alpha)\theta'\alpha']=L-mg\frac{db}{d\alpha}.$$

L'*isochronisme* se traduit par la condition suivante : *Quel que soit le couple*

moteur, le système doit pouvoir tourner avec une vitesse angulaire constante ω_1 *choisie à l'avance.*

L'équation (4) donne la valeur α_1 de α, qui seule dépend de Γ. L'équation (5) devient

$$H'(\alpha_1)\omega_1^2 = 2mg\frac{db}{d\alpha_1} - 2L_1.$$

Négligeons L_1 et intégrons; nous obtenons, en supprimant l'indice

$$(6) \qquad 2p\frac{da}{d\alpha} = a^2 + \frac{B-A}{2}\cos 2\alpha + F\sin 2\alpha + 2ph, \qquad h = \text{const.}$$

La solution générale est déterminée par cette équation de *Riccati*, qui se ramène à une équation de *Mathieu*. On obtient une solution simple en supposant $A = B$ et $F = 0$, ce qui signifie que *le plan* xOy *est plan cyclique pour l'ellipsoïde d'inertie*. Le point O décrit alors la *parabole d'Huyghens* et le couteau peut être choisi comme au n° 2.

5. La stabilité s'étudie par la méthode habituelle. Posons

$$\lambda = M'(\omega_1) + N'_\theta(\omega_1, \alpha_1), \qquad \mu = N'_\alpha(\omega_1, \alpha_1).$$

On trouve que *l'unique condition de stabilité est*

$$(7) \qquad \frac{\lambda\omega_1}{\mu} > \frac{(I+A)\cos^2\beta_1 + mp^2\sin^2\beta_1}{mp^2\,\mathrm{tg}\,\beta_1}, \qquad 2\beta_1 = \alpha_1$$

On peut toujours la réaliser par le frein à ailettes.

Pour que le couteau ne glisse pas, il faut que β_1 soit inférieur à l'angle de frottement.

6. Plaçons le couteau dans une position telle que α soit légèrement inférieur à α_1, ce qui se règle par une butée. Puis, partons du repos et faisons agir le couple moteur. Le couteau reste appuyé contre la butée tant que $\omega < \omega_1$. La vitesse ω_1 est atteinte au bout d'un temps fini. On se trouve alors au voisinage de la position d'équilibre. En vertu de la condition (7), $\alpha \to \alpha_1$ et $\omega \to \omega_1$; *le mouvement tend vers la rotation uniforme désirée.*

On peut étudier facilement la répercussion des tolérances de fabrication sur la valeur de la vitesse angulaire effectivement réalisée et en déduire une méthode pratique de réglage du pendule.

On trouvera le développement de cette étude dans un prochain numéro des *Annales françaises de Chronométrie.*

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de Pascaline et Raymond Daudel intitulé : *Les apports de la Mécanique ondulatoire à l'étude de la molécule*, dont M. **Linus Pauling** a écrit la *Préface*.

M. **Paul Montel** fait hommage d'un nouveau tirage de son Ouvrage : *Statique et résistance des matériaux.*

M. **Selman A. Waksman** adresse à l'Académie trois fascicules relatifs à ses travaux sur la streptomycine et la néomycine.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Roger Heim** :

Manuels Ouest-Africains. Volume II. *Mollusques testacés marins de la Côte occidentale d'Afrique*, par M. Maurice Nicklès.

DÉSIGNATIONS.

M. **Guido Castelnuovo** sera prié de représenter l'Académie à la Cérémonie commémorative en l'honneur de **Vito Volterra**, qui aura lieu à Ancône, sa ville natale, le 25 novembre 1950.

CORRESPONDANCE.

M. **Georges Reboul** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Émile Cotton*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pontificiæ Academiæ scientiarum scripta varia. 7. *Semaine d'étude sur le problème biologique du Cancer*.

2° *Chemische Technologie*. Sammelwerk in fünf Bänden. *Anorganische Technologie* II, herausgegeben von Karl Winnacker und Ernst Weingaertner.

3° Faculté de Philosophie de l'Université de Skopje. Section des Sciences naturelles. *Éditions spéciales*, Livres 1, 2, 3.

ALGÈBRE. — *Sur les ensembles réguliers de relations binaires.* Note (*) de M. **Jacques Riguet** présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans cette Note on énonce une proposition très générale relative à certains ensembles réguliers de relations binaires qui peut être appliquée, entre autres, aux problèmes d'immersion de semi-groupes, à l'introduction de coordonnées dans les géométries abstraites, à la théorie de la mesure.

Soient E un ensemble et $\mathcal{R}$ un ensemble de relations binaires entre éléments de E. Nous dirons que $\mathcal{R}$ est *régulier* (1) lorsque deux relations distinctes de $\mathcal{R}$ sont toujours disjointes.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Car cette notion généralise la notion de groupe régulier de permutations.

Nous dirons que $\mathcal{R}$ est un *monoïde régulier* de relations lorsque $\mathcal{R}$ est un ensemble régulier de relations tel que, quels que soient $R_1 \in \mathcal{R}$ et $R_2 \in \mathcal{R}$ il existe toujours $R \in \mathcal{R}$ (unique) tel que $R_1 R_2 \subset R$. $\mathcal{R}$ est un monoïde, c'est-à-dire est muni d'une loi interne associative partout définie si à R_1 et R_2 on fait correspondre le R (unique) tel que $R_1 R_2 \subset R$. Si cette loi interne est une loi de semi-groupe (respectivement de groupe) nous dirons que $\mathcal{R}$ est un semi-groupe (respectivement un groupe) de relations binaires.

THÉORÈME. — *Si $\mathcal{R}$ est un monoïde régulier de relations ne contenant pas la relation vide et tel que, quel que soit $R_1 \in \mathcal{R}$, il existe $R \in \mathcal{R}$ tel que $\overset{-1}{R_1} \subset R$, $\mathcal{R}$ est un groupe régulier de relations difonctionnelles ayant pour élément neutre l'unique quasi-équivalence de $\mathcal{R}$ et l'inverse de $R \in \mathcal{R}$ par rapport à la loi de groupe est $\overset{-1}{R} \in \mathcal{R}$.*

Montrons d'abord que si $R \in \mathcal{R}$, $\overset{-1}{R} \in \mathcal{R}$. Par hypothèse, il existe $S \in \mathcal{R}$ et $T \in \mathcal{R}$ tels que $\overset{-1}{R} \subset S$ et $\overset{-1}{S} \subset T$. Donc $R \subset \overset{-1}{S} \subset T$. Donc $R = \overset{-1}{S} = T$. Donc $\overset{-1}{R} = S \in \mathcal{R}$.

Montrons que $\mathcal{R}$ contient une et une seule quasi-équivalence.

En effet si $R \in \mathcal{R}$, il existe $R_0 \in \mathcal{R}$ tel que $\overset{-1}{R} R \subset R_0$. Puisque $R \neq \emptyset$ on a $\Delta_{\overset{-1}{R}R} \neq \emptyset$(²). Donc $\Delta_{R_0} \neq \emptyset$. Montrons que R_0 est une quasi-équivalence. On a $\Delta_{R_0} = \Delta_{R_0}\Delta_{R_0} \subset R_0 R_0 \cap R_0$. Donc $R_0 \cap R_0 R_0 \neq \emptyset$. Donc $R_0 R_0 \subset R_0$. Mais $\Delta_{R_0} \neq \emptyset$ entraîne $R_0 \cap \overset{-1}{R_0} \neq \emptyset$. Donc $R_0 = \overset{-1}{R_0}$:

R_0 étant symétrique et transitive est donc bien une quasi-équivalence.

Si R est tel que $\Delta_R \neq \emptyset$ alors R est une quasi équivalence pour la même raison. On a $R = R_0$ car si $R \cap R_0 \neq \emptyset$ alors $R = R_0$ et si $R \cap R_0 = \emptyset$ alors $\Delta_{E_{R_0}} \Delta_{E_R} = \emptyset$ d'où $R_0 R = \emptyset$ contre l'hypothèse.

Donc $\mathcal{R}$ ne contient que la seule quasi-équivalence R_0.

Quel que soit $R \in \mathcal{R}$, $\Delta_{\overset{-1}{R}R} \neq \emptyset$. Or il existe $S \in \mathcal{R}$ tel que $S \supset \overset{-1}{R}R$. Donc $\Delta_S \neq \emptyset$. Donc $S = R_0$. Donc $\overset{-1}{R}R \subset R_0$. De même $R\overset{-1}{R} \subset R_0$. On en déduit $R \subset RR_0$, $R \subset R_0 R$(³).

Mais alors il existe $T \in \mathcal{R}$, $RR_0 \subset T$. Donc $R \subset RR_0 \subset T$. Alors $R \cap T \neq \emptyset$. Donc $R = T$. Donc $R \subset RR_0 \subset R$. Donc $R = RR_0$. De même $R = R_0 R$. Donc R_0 est élément neutre.

De plus $R = RR_0 \supset R\overset{-1}{R}R \supset R$. Donc $R = R\overset{-1}{R}R$ c'est-à-dire R est difonctionnelle.

Remarque. — $\mathcal{R}$ ne contient pas de transpositions. En effet $RR \subset R_0$ entraîne $RR \cap R_0 \neq \emptyset$. D'où $R_0 R \cap \overset{-1}{R} \neq \emptyset$, c'est-à-dire $R \cap \overset{-1}{R} \neq \emptyset$, c'est-à-dire $R = \overset{-1}{R}$, c'est-à-dire $R = R_0$.

(²) Rappelons que si R est une relation binaire on pose $\Delta_R = \Delta \cap R$.

(³) Car pour toute relation binaire R : $R \subset R\overset{-1}{R}R$.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Approximations diophantiennes linéaires réelles. II. Problème non homogène.* Note de M. **Claude Chabauty** et Mlle **Élisabeth Lutz**, présentée par M. Paul Montel.

Nous utilisons les définitions et notations d'une Note antérieure (¹), les systèmes linéaires considérés sont supposés mis sous la forme canonique utilisée dans celle-ci. Nous dirons qu'un ensemble E de nombres réels >0 à un *écart multiplicatif* $\geqq \delta > 1$ si $a \in E$, $b \in E$ et $ba^{-1} > 1$ entraînent $ba^{-1} > \delta$.

Lemme I. — *Soit* E *un ensemble de nombres réels* >0 *tel que l'ensemble* $E \cap [h^{-1}, h]$ *soit fini pour tout* $h > 0$. *Soit* $\delta > 1$, *on peut trouver un sous-ensemble* E_δ *de* E *d'écart multiplicatif* $\geqq \delta$ *et tel que à tout* $a \in E$ *on puisse associer un* $a' \in E_\delta$ *avec* $\delta^{-1} a' < a \leqq a'$.

L'énoncé est trivial si E est fini (on détermine les éléments de E_δ par ordre de grandeurs décroissantes). Si E est infini on utilise ses sections finies $E_h = E \cap [h^{-1}, h]$, $h = 2, 3, \ldots$ et l'on construit E_δ à partir des $E_{h\delta}$ par le procédé diagonal. Pour un lemme analogue moins précis, *cf* Khintchine (²) Davenport (³).

Lemme II. — *Soit* L_A *un système linéaire tel que* (1) $L(X, A) \leqq \varphi(t)$, $0 < H(X) \leqq t$ *ait une solution* X *entière pour tout* $t \geqq t_0$, $\varphi(t)$ *étant une fonction* >0 *décroissante. Soit* $\delta > 1$; *on peut trouver une suite de* X_h *entiers, avec* $0 < \delta H(X_h) \leqq H(X_{h+1})$ *et tels que pour tout* $t \geqq t_0$ *l'un d'eux satisfasse à* (2), $L(X, A) \leqq \varphi(t)$, $0 < H(X) < t\delta$.

On applique le lemme précédent à un système complet de solutions entières de (1) pour lesquelles $L(X, A)$ soit fonction décroissante de $H(X)$.

Lemme III. — *Soit* $W_h = (w_{1h}, \ldots, w_{qh})$ *une suite de points de* R^q, $h = 1, 2, \ldots$. *Soit* $\rho_h = \operatorname{Max}(|w_{1h}|, \ldots, |w_{qh}|)$. *Si pour tout* h, $\rho_{h+1} \geqq 2^{-1}.3q\rho_h$, *on peut trouver un élément* $\Lambda = (\lambda_1, \ldots, \lambda_q) \in R^q$ *tel que*

$$(3) \qquad |\lambda_1 w_{1h} + \ldots + \lambda_q w_{qh} + s| \geqq \frac{1}{4},$$

pour tout s entier rationnel et tout h.

Soit M_h la partie de R^q définie par les inégalités (3) pour h fixe et s prenant toutes les valeurs entières rationnelles. On forme des cubes C_h fermés non vides emboîtés $C_h \subset M_h$, $C_{h+1} \subset C_h$ dont l'intersection fournit le point cherché. Pour un lemme analogue, *cf* Khintchine (²).

(¹) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 887.

(²) *Compos. Math.*, **4**, 1937, p. 424-431.

(³) *Quart J. Math. Oxford* (2), 1950, p. 54-62.

Soit L_{A^*} le système associé au système L_A de sorte que l'on a pour tout X et Y

$$pL(X, A)H(Y) + qL(Y, A^*)H(X) \geqq |\Sigma L_i(X, A)v_i + \Sigma L_j(Y, A^*)x_j| \\ = |\Sigma u_i v_i + \Sigma x_j y_j| = |X \cdot Y|.$$

Supposons que L_A satisfasse aux conditions du lemme II. Prenons $X = X_h$ solution de (2) pour $\delta = 2^{-1}.3q$ et $\lambda_1, \ldots, \lambda_q$ par la condition que

$$|\lambda_1 x_{1h} + \ldots + \lambda_q x_{qh} + s| \geqq \frac{1}{4},$$

pour tout entier rationnel s et tout h. Prenons $Y_0 = (\lambda_1, \ldots, \lambda_q, 0, \ldots, 0)$ et supposons que pour un ensemble F de valeurs de $z > 0$ $L(Y + Y_0, A^*) \leqq \psi(z)$, $H(Y) \leqq z$ ait une solution en Y entier. Alors pour tout $t \geqq t_0$ et tout $z \in F$, on a

$$(4) \qquad p\varphi(t)z + \psi(z)2^{-1}.3q^2 t > \frac{1}{4}.$$

Prenons $t = t(z)$ défini par $\varphi(t)z = (8p)^{-1}$ [valeur acceptable ($ie \geqq t_0$) si $\varphi(t)$ tend vers zéro avec t^{-1} et si z est assez grand]. Il vient $\psi(z) \geqq (12q^2 t(z))^{-1}$. Si l'on applique ce résultat aux systèmes L_A dont l'existence est assurée par les théorèmes I, II, III de la Note précédente on a, avec des changements de notations évidents :

THÉORÈME 1. — *Soit donnée une fonction $\varphi(t) > 0$ décroissante tendant vers 0 quand $t \to +\infty$, arbitraire. Si $(n+2)/3 \leqq p < n$ il existe un système linéaire de signature (p, n) dont le tableau A des coefficients est pur et un point X_0 tels que l'inégalité $L(X + X_0, A) \leqq \varphi(H(X))$ n'ait pas de solutions entières X de hauteur $H(X)$ arbitrairement grande. Le même résultat est valable si $1 \leqq p < n/2$ pour l'inégalité $L(X + X_0, A) \leqq \chi(H(X))$ où $\chi(t) = \varphi(t)t^{-(q-1)/p}$. En particulier pour toute signature (p, n), $1 \leqq p < n$, différente de la signature $(1, 2)$ on peut trouver A pur et X_0 de façon que $L(X + X_0, A) \leqq H(X)^{\varepsilon - q/p}$ n'ait pas de solution en X entier de hauteur arbitrairement grande pour un $\varepsilon > 0$ convenable.*

Pour tout système linéaire L_A et tout $t > 1$ il existe X entier tel que $L(X, A) \leqq t^{-q/p}$, $0 < H(X) \leqq t$, employons dans (4) la valeur de t qui rend son premier membre minimum (valeur qu'on montrera > 1 dans les conditions du calcul). Il vient avec le même renversement de notations que dans le théorème 1.

THÉORÈME 2. — *Soit L_A un système linéaire (canonique) arbitraire de signature (p, n), $1 \leqq p < n$. Il existe X_0 tel que l'inégalité $L(X + X_0, A) \leqq f(p, n)H(X)^{-q/p}$ n'ait pas de solution en X entier avec $H(X) \neq 0$, pour $f(p, n) = 2(3p)^{-1}(4n)^{-n/p}$.*

Les théorèmes 1 et 2 précisent et généralisent des théorèmes connus de Blichfeldt et de Khintchine, *cf* ([4]).

([4]) KOKSMA, *Erg. Math.*, 4, 1936, p. 78, th. 6; p. 82, th. 3; p. 86, th. 6.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Critères généraux de compacité dans les espaces vectoriels localement convexes. Pathologie des espaces* $(\mathcal{L}\mathcal{F})$. Note (*) de

M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La première partie de cette Note généralise des résultats d'Eberlein et de Krein en indiquant des cas très étendus où, dans un espace localement convexe, la semi-compacité d'un ensemble entraîne la compacité de son enveloppe convexe fermée. La seconde partie annonce l'existence de contre-exemples résolvant des problèmes relatifs aux espaces $(\mathcal{L}\mathcal{F})$.

1. Fréquemment, la topologie d'un espace vectoriel localement convexe séparé se définit explicitement comme la moins fine des topologies sur E rendant continues des applications linéaires f_i de E dans des espaces localement convexes séparés F_i [il en est en particulier ainsi pour les espaces usuels de fonctions dérivables, et divers espaces fonctionnels définis par des conditions de croissance à l'infini; *cf.* par exemple ([2])]. E s'identifie alors à un sous-espace du produit vectoriel-topologique $F = \Pi F_i$; cette remarque permet d'établir le critère suivant (grâce au fait que pour une partie *convexe* de F, il revient au même qu'elle soit fermée pour les diverses topologies localement convexes sur F donnant le même dual F') :

Théorème 1. — *Soit* E *un espace vectoriel,* (f_i) *une famille d'applications de* E *dans des espaces vectoriels localement convexes séparés* F_i, *soit* T (*resp.* T_τ) *la topologie sur* E *la moins fine qui rende continue les* f_i [*resp. quand chaque* F_i *est muni de* $\tau(F_i, F'_i)$ ([1])], *supposons* E *séparé pour* T. *Pour qu'une partie* convexe A *de* E *soit relativement compacte pour* T, *il faut et il suffit que tout* $f_i(A)$ *soit relativement compact dans* F_i *et que l'adhérence de* A *soit complète pour* T_τ.

L'intérêt de ce théorème vient du fait qu'il est moins exigeant *a priori* de supposer une partie de E complète pour T_τ que pour T; en particulier, le théorème s'applique pour les topologies faibles sur les F_i, on a le

Corollaire. — *Sous les conditions précédentes, pour qu'une partie* A *de* E *soit faiblement relativement compacte, il faut et il suffit que les* $f_i(A)$ *le soient, et que l'adhérence de* A *soit complète pour* T_τ. *La proposition* 6 *de* ([3]) *en est un cas particulier.*

Notons maintenant la très facile

Proposition 1. — *La topologie de tout espace localement convexe séparé peut se définir comme ci-dessus, les* F_i *étant des* espaces de Banach.

Si alors E est un espace localement convexe séparé quelconque, de dual E',

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble,* 1950.

(2) L. Schwartz, *Publications de l'Institut Mathématique de Strasbourg.*

(3) A. Grothendieck, *Comptes rendus,* 230, 1950, p. 1561-1563.

appliquons la proposition 1 pour la topologie $\tau(E, E')$, puis le corollaire du théorème 1; en notant que dans le cas des espaces de Banach et leur topologie faible, les résultats qui suivent sont classiques [théorèmes d'Eberlein; *cf.* ([1]) et Krein ([4])], on démontre immédiatement le cas particulier *faible* du

THÉORÈME 2. — *Soit* A *une partie d'un espace localement convexe séparé* E. *Pour que son enveloppe convexe et fermée* (*resp. son enveloppe convexe cerclée et fermée*) C *soit compacte, il faut et il suffit que* A *soit relativement semi-compact, et* C *complète pour* $\tau(E, E')$.

(Par relativement semi-compact, nous entendons : toute suite extraite admet une valeur d'adhérence). Le cas général se déduit facilement du cas faible, en notant que si A est relativement semi-compact, il est précompact (théorème de A. Weil), donc aussi son enveloppe convexe (cerclée) fermée C, de plus C est complète, car elle est faiblement compacte.

COROLLAIRE. — *Soit* E *un espace localement convexe séparé et complet dont toute partie bornée et fermée soit complète* (à fortiori, *il suffit que* E *soit complet*). *Alors, si* A *est une partie faiblement relativement semi-compacte, son enveloppe convexe cerclée fermée est faiblement compacte* (à fortiori, A *est faiblement relativement compact*).

Le théorème 2 sera d'application commode chaque fois qu'on aura besoin d'un critère *dénombrable* de compacité, ou d'un critère de compacité pour une enveloppe convexe, ce qui n'est pas rare [par exemple en théorie ergodique, *cf.* ([5]), et théorie de l'intégrale faible].

2. Signalons seulement ici qu'une simplification d'un important cas *pathologique* construit par G. Köthe nous a permis de l'adapter pour infirmer simultanément, pour des espaces ($\mathcal{LF}$) réflexifs et séparables, les conjectures de 1, 2, 3, 4, 9 et 10 signalées comme ouvertes dans ([1]). Enfin, remarquons qu'un résultat de topologie générale permet d'énoncer le corollaire suivant des propositions 1 et 2 de ([5]) : toute forme linéaire sur E', uniformément bornée sur les parties bornées, est continue *pour les suites* pour la topologie $\sigma(E', E'')$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions presque automorphes inférieures : les presque cycliques et les presque elliptiques.* Note (*) de M. **PAUL MÉTRAL**, présentée par M. Joseph Pérès.

Suivant l'importance que l'on donne à la notion de substitution ou à celle de domaine, on peut construire différentes théories de fonctions presque automorphes : il existe dans cette indétermination une certaine analogie avec celle

([4]) M. KREIN, *C. R. U. R. S. S.*, vol. 14, 1937, p. 5-7.

([5]) F. EBERLEIN, *Transactions of the Amer. Math. Soc.*, 67, n° 1, p. 217-240.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

qui se présente dans la théorie de la réduction dans Klein et dans Poincaré (¹) pour les automorphes. Dans cette première Note, nous nous bornerons aux fonctions correspondant aux automorphes inférieures au sens de Klein (²).

Considérons dans le plan usuel (z) des cercles non euclidiens de même centre, non euclidien, et parmi eux un cercle particulier jouant le rôle d'initial C_1; une fonction $f(z)$, soumise aux restrictions usuelles pour les automorphes (uniforme, sans autres singularités que des pôles, etc.) sera dite *presque cyclique* si à tout ε positif donné, correspond une substitution Σ transformant les cercles C en cercles de même centre n.e., telle que entre un cercle C quelconque et son transformé C′ existe toujours un cercle de la même famille, déduit de C_1 par une certaine substitution S telle que *quel que soit* z, on ait

$$|f(Sz)-f(z)|<\varepsilon.$$

Naturellement ces substitutions S ne forment pas un groupe. Il est aussi inutile d'insister sur l'influence d'une substitution homographique quelconque.

Cette définition permet de retrouver les propriétés élémentaires des presque périodiques, des p. l. du domaine réel (³). Par exemple, à tout z correspond un Z dans la couronne $(C_1, \Sigma C_1)$ tel que $|f(Z)-f(z)|<\varepsilon$; la continuité subsiste, soit que l'on prenne ce mot au sens de la théorie des fuchsiennes où le passage par l'infini ne compte pas pour une discontinuité, soit que plutôt on utilise la continuité sphérique. On peut même envisager une normalité en se plaçant à ce dernier point de vue.

Convenons pour abréger de dire qu'une substitution T est entre S′ et S″ si le cercle déduit de C_1 par T est entre les deux autres transformés. Il existe alors un ensemble de puissances d'une T parmi les S relatives à 2ε, et dans tout intervalle $(U, U\Sigma T^2)$ existe une telle puissance de T.

D'où, en suivant la même marche que pour les presque périodiques de variable réelle, l'existence pour un nombre quelconque de fonctions p. c. d'une Σ' telle que dans $(C, \Sigma' C)$ existe une substitution commune et par suite le fait que la somme d'un nombre quelconque fini de p. c. est une p. c. L'application aux cycliques elles-mêmes est évidente.

Si l'on se borne aux fonctions n'ayant que des pôles simples, on a un théorème de *moyenne* : soit S_n la surface non euclidienne du cercle $T^n C_1$, l'expression

$$\frac{1}{S_n}\iint_{C_1}^{T^n C_1} f(z)\,dS,$$

(¹) *Acta*, 4; Klein, *Fonctions Automorphes*, 2, p. 408.

(²) 2, p. 22.

(³) Pour les *p. p.*, Favard, *Leçons sur les presque périodiques*, Paris, 1933. En ce qui concerne les *p. l.*, Métral, *Thèse; Comptes rendus*, 227 et 228. Dans la Note du tome 227, p. 752, *tire* LT, *au lieu de* T à la ligne 14.

où dS représente l'élément de surface non euclidienne, a une limite ; il est naturel d'énoncer les résultats en non euclidienne pour l'application ultérieure aux presque fuchsiennes. On peut étudier les fonctions à pôles multiples par une transformation analogue à celle employée pour les automorphes (4).

On définirait de même les presque elliptiques en utilisant la famille des parallélogrammes déduits d'un initial par des translations arbitraires.

Un parallélogramme sera considéré comme compris entre deux autres si les coordonnées de son centre sont intermédiaires. Une fonction uniforme, sans autres singularités que des pôles, sera dite presque elliptique, si à tout ε positif correspond une substitution Σ telle que entre deux parallélogrammes quelconques $(P, \Sigma P)$ existe un P' déduit de l'initial par une S, telle que pour tout z,

$$|f(Sz)-f(z)|<\varepsilon.$$

On a encore les propriétés élémentaires des fonctions presque périodiques.

TOPOLOGIE. — *Impossibilité de fibrer une sphère par un produit de sphères.* Note de M. **Armand Borel**, présentée par M. Paul Montel.

Cette impossibilité résulte du théorème 2; des cas particuliers ont déjà été obtenus par B. Eckmann, H. Samelson, G. W. Whitehead (1) et par G. Hirsch (non publié). Le point essentiel est ici le théorème 1, qui a également des applications dans l'étude de la transgression dans les espaces fibrés principaux; elles seront indiquées dans une Note ultérieure sur la torsion de certains groupes et espaces homogènes. Le n° 4 complète une Note antérieure (2).

1. *Définitions et notations.* — K désigne un corps, H(X, K) l'algèbre de cohomologie de Čech à coefficients dans K de l'espace compact X, S_m une sphère à m dimensions. Deux anneaux A_1, A_2 gradués par des sous-groupes A_1^i, A_2^i sont dits isomorphes jusqu'à n s'il existe un isomorphisme de A_1^i sur A_2^i $(i \leqq n)$ compatible avec le produit d'éléments dont la somme des degrés est $\leqq n$.

F et B seront la fibre, supposée connexe, et la base d'une fibration localement triviale de l'espace compact connexe E. On admettra de plus que le terme H_1 de l'anneau spectral (3) de la projection de E sur B est égal à $H(B, K) \otimes H(F, K)$ (4). Rappelons que cet anneau spectral est formé d'une suite d'anneaux bigradués $H_0, \ldots, H_i, \ldots$ H_{i+1} étant l'anneau de cohomologie de H_i pour une différentielle δ_i; si par exemple H(F, K) est de dimension

(4) Fatou, *Leçons sur la théorie des fonctions algébriques* d'Appell et Goursat, 2, Paris, 1930, p. 242.

(1) *Bull. Am. Math. Soc.*, 55, 1949, p. 433-438.

(2) A. Borel et J.-P. Serre, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2258-2260.

(3) J. Leray, *Jour. Math. pur. appl.*, 29, 1950, p. 1-139.

(4) C'est par exemple le cas si B est simplement connexe et localement connexe par arc.

finie, les anneaux sont égaux entre eux à partir d'un certain indice et ont même polynome de Poincaré que H(E, K).

2. Théorème 1. — *Supposons que* $H(F, K) \cong H(S_{m_1} \times \ldots \times S_{m_s}, K)$, *les* m_i *étant impairs, et que* H(E, K) *soit trivial jusqu'à une dimension* n (5) ($n \geqq m_1 + \ldots + m_s$); *alors :*

a. H(B, K) *est isomorphe jusqu'à* n *à l'anneau des polynomes* $K[q_1, \ldots, q_s]$ *à* s *variables de degrés* $(m_1+1), \ldots, (m_s+1)$.

b. On peut trouver s *éléments* $p_1, \ldots, p_s$ *de* H(F, K) *qui, avec l'unité, engendrent* H(F, K) *tels que* $\delta_r(1 \otimes p_i) = 0$ *pour* $r < m_i$ *et que*

$$\delta_{m_i}(1 \otimes p_i) = q_i \otimes 1 \qquad (i = 1, \ldots, s).$$

b. n'interviendra pas ici. La démonstration du théorème 1 consiste en une étude de l'anneau spectral de la projection de E sur B; nous aurons encore besoin du complément suivant :

Soient $H(F, K) \cong H(S_{m_1} \times \ldots \times S_{m_s}, K)$, H(E, K) *trivial jusqu'à une dimension* $n \geqq m_1 + \ldots + m_s$. *Si* K *est de caractéristique* $\neq 2$, *les* m_i *sont forcément impairs* (6).

3. Les hypothèses du n° 1 et du théorème 2 sont évidemment vérifiées dans le cas d'une fibration localement triviale de S_n par un produit de sphères [et (A) ci-dessous est aussi évident].

Théorème 2. — *Soient* $H(F, K) \cong H(S_{m_1} \times \ldots \times S_{m_s}, K)$, $H(E, K) = H(S_n, K)$, *la base* B *étant de dimension finie.*

Si K *est de caractéristique* $\neq 2$, *alors* $s = 1$ *et* m_1 *est impair; eela est aussi vrai pour* K *de caractéristique* 2 *si l'on suppose les* m_i *impairs.*

Démonstration. — Posons $p = m_1 + \ldots + m_s$; soit h un élément de degré total maximum de $H_1 = H(B, K) \otimes H(B, F)$; c'est un cocycle pour les différentielles δ_i qui augmentent ce degré total; d'autre part il ne peut être un un cobord puisque δ_r augmente le degré filtrant de r; h a donc une image non nulle dans l'anneau terminal, qui est ici égal à $H(S_n, K)$, par conséquent

$$\text{(A)}\ n \geqq p, \qquad H^{n-p}(B, K) = K, \qquad H^i(B, K) = 0 \qquad \text{pour} \quad i > n - p.$$

D'après le complément au théorème 1, on peut se borner au cas où les m_i sont impairs; supposons $m_1 \leqq m_2 \leqq \ldots \leqq m_s$; nous distinguons deux cas :

1° $m_1 \geqq 3$. Si $s \geqq 2$, (A) donne $H^i(B, K) = 0$ pour $n - 2m_1 < i \leqq n - 1$, en contradiction avec le théorème 1, qui affirme que $H^i(B, K) \neq 0$ si i est un multiple de $m_1 + 1$ inférieur à n. Même raisonnement si $m_1 = 1$, $p \geqq 3$.

2° il reste à éliminer le cas $s = 2$, $m_1 = m_2 = 1$. C'est immédiat si n est impair, car alors $H^{n-1}(B, K) \neq 0$ d'après le théorème 1 et $H^{n-1}(B, K) = 0$ d'après (A). Si maintenant n est pair, le théorème 1 montre que $H^{n-2}(B, K)$ est de

---

(5) Cela signifie : $H^0(E, K) = K$, $H^i(E, K) = 0$ $(0 < i \leqq n)$.

(6) Sauf évidemment si $s = 1$, $n = m_1$.

dimension 2 au moins, ce qui contredit de nouveau (A). [On a bien $n-2>0$, car sinon $H(E, K) = H(F, K)$, ce qui est absurde.]

4. A la suite d'une communication de J. Leray nous avons remarqué, J.-P. Serre et moi, que dans le cas d'une fibre connexe le théorème démontré dans la Note ([2]) se laissait généraliser par le :

THÉORÈME 3. — *Soient* F *connexe et* B *la fibre et la base d'une fibration localement triviale de l'espace euclidien* R^n.

Alors F *et* B *ont pour la cohomologie à supports compacts et à coefficients dans un corps quelconque les polynomes de Poincaré* t^p, *resp.* t^q $(p+q=n)$, *c'est-à-dire les polynomes de Poincaré de* R^p *et* R^q.

COROLLAIRE 1. — *Si la fibre est compacte, elle est réduite à un point.*

COROLLAIRE 2. — *Si la base est compacte, elle est réduite à un point.*

Démonstration. — Le raisonnement du n° 3 de ([2]) montre qu'un cocycle de de degré total minimum de $H(B)\otimes H(F)$ a une image non nulle dans l'anneau terminal. Nous avons vu d'autre part au n° 3 ci-dessus qu'un élément de degré total maximum avait aussi une image non nulle dans l'anneau terminal, d'où le théorème puisque le polynome de Poincaré de l'anneau terminal est t^n.

AÉROTECHNIQUE. — *Nouvelles méthodes de mesure pour l'anémomètre à fil chaud.* Note (*) de M. **GOTTFRIED DÄTWYLER**, présentée par M. Théodore de Kármán.

a. On fait la mesure de la turbulence u' avec au moins deux valeurs du courant de chauffage I de la sonde, pour quelques valeurs de la constante de temps M de l'amplificateur.

Il faut déterminer sur les courbes $u'(I, M)$, les points qui correspondent en M. Pour cela la simple relation

$$M_I = \text{prop}\, R_I$$

peut être utilisée. Elle résulte de l'équation linéaire de King

$$I^2 R = \text{const.}(R - R_a),$$

et de l'expression pour la constante de temps

$$M = \text{const.}\,\frac{(R - R_a)}{I^2},$$

où R_a = résistance du fil froid dans le vent. Donc $M_n/M_I = R_n/R_I$.

On trace une ligne à travers les points coordonnés en abscisse M(R) des courbes $u'(I, M)$.

Les points avec la vraie valeur de u' et les valeurs correctes de M sont situés sur la *ligne horizontale* donnée par

$$u'(I, M) = \text{const}$$

(*) Séance du 23 octobre 1950.

b. La constante de temps M peut être déterminée avec du courant alternatif superposé i, de la fréquence $f = \omega/2\pi$, sans montage en pont du fil chaud, au moyen du lieu géométrique de la tension produite au fil chaud par le courant i, soit

$$e = e_1 + e_2 = Ri + Ir(\omega M).$$

La composante $e_1 = Ri$ est en phase avec le courant alternatif i, tandis que la composante $e_2 = Ir(\omega M)$ est distordue en amplitude et en phase en rapport à la valeur $e_2(o) = Ir(o)$, soit

$$\frac{r(\omega M)}{r(o)} = \frac{1}{1 + j\omega M}, \quad \text{où } j = \sqrt{-1}, \quad \text{et} \quad r(o) = \frac{\partial R}{\partial I} i.$$

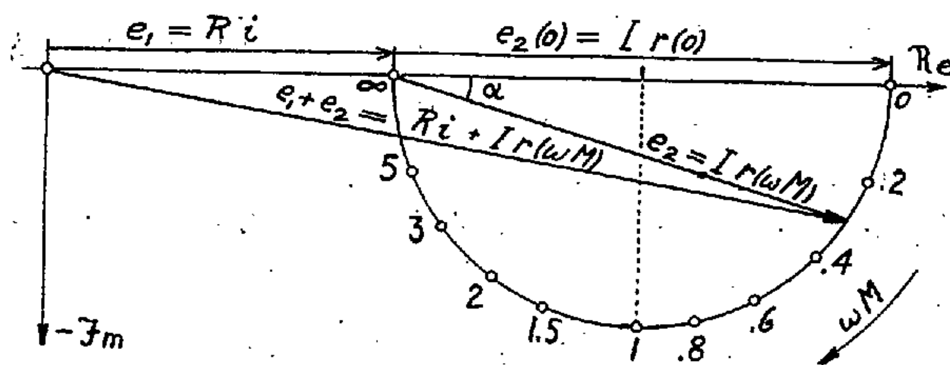
La composante réelle et la composante imaginaire

$$x = \frac{1}{1 + (\omega M)^2}; \qquad y = -\frac{\omega M}{1 + (\omega M)^2}$$

avec leur quotient $(y/x)^2 = (\omega M)^2$ fournissent la relation

$$x^2 - x + y^2 = 0, \qquad \text{ou} \qquad \left(x - \frac{1}{2}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2,$$

donc un cercle par les points (o, o) et (1, o) avec le diamètre 1, dont la moitié négative représente le lieu géométrique des points $[r(\omega M)/r(o)]$. Sur la périphérie du demi-cercle le paramètre (ωM) varie de la valeur zéro dans le point (1, o) à la valeur infinie dans l'origine.



La figure montre le lieu géométrique de la composante $e_2 = Ir(\omega M)$ qui est proportionnelle au quotient $[r(\omega M)/r(o)]$, en combinaison avec la composante $e_1 = Ri$, donc le lieu géométrique de la tension $e = e_1 + e_2$. Le rapport $|e_2(o)/e_1|$ est donné comme

$$\left|\frac{e_2(o)}{e_1}\right| = \frac{Ir(o)}{Ri} = \frac{I}{R} \cdot \frac{\partial R}{\partial I}.$$

L'angle α suit de la relation $\operatorname{tg}\alpha = \omega M$.

Des mesures avec courant continu I fournissent les valeurs $R = E/I$ et $I(\partial R/\partial I)$. Le point d'intersection avec le lieu géométrique du rayon $\{R + I(\partial R/\partial I)/\sqrt{1 + (\omega M)^2}\}$ qui est déterminé par une mesure avec courant alternatif i, indique la valeur (ωM) et la constante de temps M.

c. Avec des appareils fournissant du courant alternatif superposé i et ayant un montage en pont du fil chaud, il est possible d'exploiter ces installations

beaucoup plus qu'à la seule détermination expérimentale de la constante de temps M. Plutôt, on peut obtenir l'indication presque directe de la turbulence u'. Le procédé est basé sur l'équation

$$\frac{dU}{U} = -\frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2}\frac{dI}{I},$$

dérivée de l'équation quadratique de King ou même d'une équation généralisée telle que

$$I^2R = \sum_{\nu=1}^{\mu}(a_\nu + b_\nu\sqrt{U})(R - R_a)^\nu.$$

Le procédé de mesure est le suivant. D'abord, avec le pont balancé, la constante de temps est mesurée. Ensuite, on détermine la dérivation causée par la turbulence, de l'instrument à indication quadratique à la sortie de l'amplificateur. Puis le courant alternatif i est superposé au courant continu I de façon à doubler la déviation de l'instrument de sortie. L'intensité de la turbulence u' est alors calculée de l'équation

$$u' = \frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2}\frac{i}{I},$$

dans laquelle les différentielles ont été remplacées par des petites valeurs efficaces. L'addition linéaire, c'est-à-dire le redoublement de la déviation de l'instrument est basée sur le fait qu'il n'y pas de corrélation entre le courant alternatif superposé et les fluctuations aléatoires de l'écoulement.

ASTROPHYSIQUE. — *L'inversion de la relation de Laplace.* Note (*) de M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

Durant ces dernières années, on a tenté, à la suite de R. Lundblad, de déduire un modèle solaire des mesures monochromatiques d'assombrissement. En effet, en un point du disque solaire caractérisé par la valeur de $\mu = \cos\theta$ (cosinus de l'angle des rayons lumineux avec la normale à la surface solaire), l'intensité $I(0, \mu)$ est liée à la fonction source inconnue $B_\lambda(\tau)$ par l'équation intégrale

$$I_\lambda(0, \mu) = \int_0^\infty B_\lambda(\tau)\, e^{-\frac{\tau}{\mu}}\frac{d\tau}{\mu}$$

(où τ représente la profondeur optique).

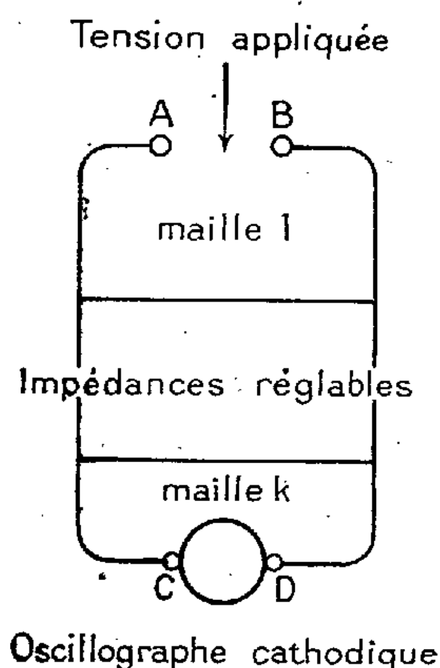
(*) Séance du 23 octobre 1950.

Les méthodes utilisées jusqu'ici pour résoudre cette équation intégrale et pour calculer $B(\tau)$ sont des méthodes approchées de calcul numérique : évaluation de B comme somme de fonctions simples affectées de coefficients arbitraires que l'on détermine au moyen d'une méthode de moindres carrés (Lundblad, Chalonge-Kourganoff, Barbier, Busbridge, etc.); utilisation d'une formule d'intégration approchée (Reiz, Plaskett). Mais ces méthodes, d'une utilisation pratique, ont des défauts d'ordre mathématique assez graves : les accidents de $B(\tau)$ ne peuvent être aisément décelés; la souplesse des fonctions représentatives est insuffisante si l'on utilise trop peu de coefficients numériques; la solution est indéterminée si on en utilise trop.

Le matériel fourni par l'observation, au bord du disque d'une part, d'autre part au centre, où l'intensité *absolue* est mal connue, est si insuffisant qu'il importe d'en tirer le maximum, en utilisant des méthodes correctes de résolution de l'équation, c'est-à-dire d'inversion de la relation de Laplace.

Il semble que le meilleur moyen d'opérer une telle inversion soit l'utilisation d'un appareil automatique. Le schéma suivant peut alors servir de base à la construction d'un tel appareil.

Considérons un circuit électrique comprenant des résistances, selfs, capacité, etc., où l'on peut introduire entre deux points A et B une tension connue et entre deux autres points C et D mesurer l'intensité et ses variations, même rapides en fonction du temps (oscillographe cathodique).



Supposons que nous ayons appliqué entre A et B la force électromotrice sinusoïdale (dans la maille 1)

$$E_1 = e^{j\omega t}$$

(j étant le symbole des imaginaires).

Le courant que l'on mesure entre C et D est

$$i(t) = \frac{e^{j\omega t}}{Z_{k1}(j\omega)} \qquad \text{(dans la maille } k\text{)}.$$

Z_{k1} étant l'*impédance de transfert* de la maille 1 à la maille k pour la pulsation ω.

L'admettance indicielle A_{k1} de la maille k par rapport à la maille l est définie [1] comme l'intensité du courant dans la maille k, si l'on applique au temps $t = 0$ la force électromotrice unité entre A et B.

La connaissance de $Z_{k1}(j\omega)$ permettra celle de $A_{k1}(t)$. Or, on sait [2] que l'on a

$$\frac{1}{Z_{k1}(j\omega)} = j\omega \int_0^\infty A_{k1}\, e^{-j\omega t}\, dt.$$

Si l'on fait correspondre les grandeurs électriques

$$Z_{k1}(j\omega), \quad j\omega, \quad A_{k1}(t)$$

aux grandeurs qui interviennent dans le problème de l'assombrissement,

$$\frac{1}{I(0, \mu)}, \quad \frac{1}{\mu}, \quad B(\tau),$$

nous pourrons donc déduire $B(\tau)$ de $A_{k_1}(t)$:

Il suffira d'appliquer entre A et B la tension $E = e^{t/\mu}$ et de régler les capacités variables des circuits de façon que

$$i(t, \mu) = \frac{e^{\frac{t}{\mu}}}{Z\left(\frac{1}{\mu}\right)} = e^{\frac{t}{\mu}} I(0, \mu).$$

On appliquera ensuite entre A et B une tension *créneau* et l'intensité mesurée donnera la fonction $B(\tau)$ cherchée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La transposition dans l'espace des moments en théorie des collisions*. Note (*) de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

On propose ici d'effectuer la transposition habituelle dans l'espace des moments en utilisant une écriture particulière de l'équation de Schrödinger. Ceci met en évidence la nécessité d'ajouter un second membre à l'équation intégrale usuellement obtenue.

1. La solution générale, devant satisfaire à certaines conditions aux limites, de $LF(x, y, z) = R(x, y, z)$, où L est un opérateur de la Mécanique ondulatoire non relativiste, s'écrit, comme il est bien connu [1],

$$F(r) = F^0(r) + \int K(r, r')\, R(r')\, dr',$$

---

(1) Carson, *Electrical Circuit Theory and the operationel Calculus*, New-York, 1926.

(2) G. et R. Julia, *Bull. Soc. fr. Électriciens*, 1936, n° 70; Herreng, *Les Applications du calcul opérationnel*, Chap. V, Paris.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

(1) *Cf.* Mott et Massey, *Theory of Atomic Collisions*.

où $F^0(r)$ est la solution la plus générale de $LF(x, y, z) = 0$, soumise aux conditions aux limites données et où l'expression de $K(r, r')$ dépend essentiellement des dites conditions.

Si maintenant on considère l'équation $L\Psi(r) = U(r)\Psi(r)$, il est naturel de déterminer sa solution la plus générale vérifiant certaines conditions aux limites sous la forme

$$\Psi(r) = \Psi^0(r) + \int K(r, r')\, U(r')\, \Psi(r')\, dr', \tag{I}$$

où $\Psi^0(r)$ a la même signification que celle de $F^0(r)$ employée plus haut.

Le problème que nous envisageons est la détermination du coefficient de Fourier de $\Psi(r)$ à partir de (I). Nous posons

$$\Psi(r) = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varphi(u) \exp(-iur)\, du, \qquad \varphi(u) = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \Psi(r) \exp(iur)\, dr.$$

$$k(u, r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int K(r, r') \exp(iur)\, dr, \qquad k(u, r')\, U(r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varepsilon(u, v)\, e^{-ivr}\, dr,$$

Nous multiplions (I) par $(2\pi)^{-(3/2)} \exp(iur)$ et nous intégrons dans tout l'espace. Il vient alors

$$\varphi(u) = \varphi^0(u) + (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varepsilon(u, -v)\, \varphi(v)\, dv. \tag{I'}$$

2. Prenons $L = \Delta + k^2$, c'est-à-dire le cas de l'équation de Schrödinger. Si nous voulons des solutions partout finies, il faut introduire le noyau

$$K(r, r') = -(4\pi)^{-1} |r - r'|^{-1} \exp(ik|r - r'|) \quad (^2).$$

La première quantité à calculer est $k(u, r')$. Nous avons, en posant $r = r' + \rho$,

$$k(u, r') = -(2\pi)^{-\frac{3}{2}} (4\pi)^{-1} \exp iur' \int |\rho|^{-1} \exp ik|\rho| \exp iu\rho\, d\rho.$$

Le calcul de $k(u, r')$ se ramène à la détermination du coefficient de Fourier relatif à u de $-(4\pi)^{-1} r^{-1} \exp ikr$. Cette fonction vérifiant l'équation $(\Delta + k^2)\Psi(r) = \delta(r)$, c'est sur elle que nous ferons le passage aux intégrales de Fourier, ce qui donne finalement

$$k(u, r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} (k^2 - |u|^2)^{-1} \exp(iur').$$

En tenant compte de l'expression de $\Psi(r)$ et après avoir posé

$$U(r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varepsilon(v) \exp(-ivr')\, dv$$

---

(2) *Cf.* LOUIS DE BROGLIE, *De la Mécanique ondulatoire à la théorie du Noyau*, t. III; MOTT et MASSEY, *loc. cit.*

on trouve pour l'équation correspondant à (I′)

$$\text{(II)} \qquad \varphi(u) = \varphi^0(u) + (2\pi)^{-\frac{3}{2}}(k^2 - |u|^2)^{-1}\int \varepsilon(u - v)\,\varphi(v)\,dv.$$

3. On sait que la détermination de $\Psi(r)$ par une équation intégrale est particulièrement adaptée au problème que se pose la théorie des collisions. L'onde plane incidente est en effet en évidence dans une équation de la forme (I) : c'est $\Psi^0(r)$, solution de l'équation non perturbée. L'intégrale donne par suite la modification due à l'action de $U(r)$. Les divers ordres d'approximation sont donnés par les noyaux itérés. Mais l'équation (II) se résout plus rapidement que (I) par suite de la forme très simple de la quantité $\varphi^0(u)$

$$\varphi^0(u) = (2\pi)^{\frac{3}{2}}\,\delta(k + u),$$

k étant le vecteur de propagation de l'onde plane. Si $\Gamma(u, v)$ est le noyau résolvant de l'équation (II), la solution $\varphi(u)$ de (II) est

$$\varphi(u) = \varphi^0(u) + (2\pi)^{+\frac{3}{2}}\int \Gamma(u, v)\,\delta(k + v)\,dv = \varphi^0(u) + (2\pi)^{+\frac{3}{2}}\Gamma(u, -k).$$

Nous obtenons ainsi directement tous les ordres possibles d'approximation, en particulier le premier obtenu sans calcul. On conçoit que pour certains potentiels $U(r)$ dont les coefficients de Fourier seraient simples, il soit plus commode de considérer l'équation (II).

4. La méthode habituelle de transposition dans l'espace des moments est d'opérer directement sur l'équation aux dérivées partielles donnant $\Psi(r)$; avec cette méthode nous obtenons l'équation intégrale

$$(k^2 - |u|^2)\,\varphi(u) = (2\pi)^{-\frac{3}{2}}\int \varepsilon(u - v)\,\varphi(v)\,dv,$$

et le $\Psi(r)$ correspondant sera alors déterminé par l'équation intégrale

$$\Psi(r) = -(4\pi)^{-1}\int |r - r'|^{-1}\exp ik|r - r'|\,U(r')\,\Psi(r')\,dr'.$$

La transformation de Fourier ne nous a donné cette fois que le coefficient correspondant à une solution particulière de l'équation de Schrödinger. Il y a là une propriété générale : la transposition de Fourier d'une équation aux dérivées partielles ne fait généralement apparaître qu'une solution particulière, la transposition ne peut retenir cette partie des solutions vérifiant l'équation sans second membre dont l'existence est assurée par la théorie des équations aux dérivées partielles. Nous avons la règle : soit $L\Psi = U\Psi$ une équation linéaire; on effectue directement la transposition sur cette équation et à l'équation intégrale obtenue on ajoute un second membre correspondant à une solution de $L\Psi = 0$.

THERMODYNAMIQUE. — *Discontinuités dans les propriétés de la matière en fonction de la température.* Note (*) de MM. **Georges Antonoff**, **Anton Urmanczy** et **Alexis Yakimac**, présentée par M. de Maurice de Broglie.

Antonoff a montré [1], [2], [3], [4] que les propriétés des liquides changent avec la température en faisant apparaître des points anguleux à certains endroits. Pour éviter l'objection que ces effets pourraient dépendre des conditions de l'expérience, Antonoff a inventé une technique spéciale pour mesurer les densités aux basses températures avec une précision telle que l'existence de points anguleux pour tous les liquides a pu être mise en évidence avec certitude.

Un travail d'Antonoff et de Conan [5] a montré qu'il existe pour l'eau un point anguleux à environ 50°C. Nous avons poursuivi des recherches sur l'eau et sur diverses autres substances dans une large gamme de températures allant jusqu'au point critique. Urmanczy a établi la formule suivante :

$$\log p = B - \frac{A}{T - t}, \tag{1}$$

où p est la pression de la vapeur, T la température absolue, B une constante universelle et A et t des constantes valables pour une substance donnée entre deux points anguleux; il a aussi montré que la viscosité η est reliée à p par la relation

$$\eta = C - \frac{D}{\sqrt{p}}. \tag{2}$$

Ces deux formules sont en accord parfait avec les données expérimentales.

Un premier ensemble de résultats concernant les tensions de vapeur, met en évidence pour l'eau six points anguleux correspondant aux températures centigrades de $-40°,25$, $0°,64$, $51°,14$, $124°,34$, $205°,44$, $290°,64$. On retrouve ainsi le point à 50° C trouvé par Antonoff au moyen des mesures directes de densité.

Une autre série de mesures illustre l'équation (2) et confirme ce même résultat. Pour le benzène, on a trouvé des résultats analogues. Pour CO^2 dont

(*) Séance du 25 septembre 1950.

[1] *Zeit. Phys. Chem.*, **112**, 1924, p. 461.

[2] *Phil. Mag.*, **1**, 1924, p. 265.

[3] *Réunion Internationale de Chimie Physique*, Paris, 1928, p. 274.

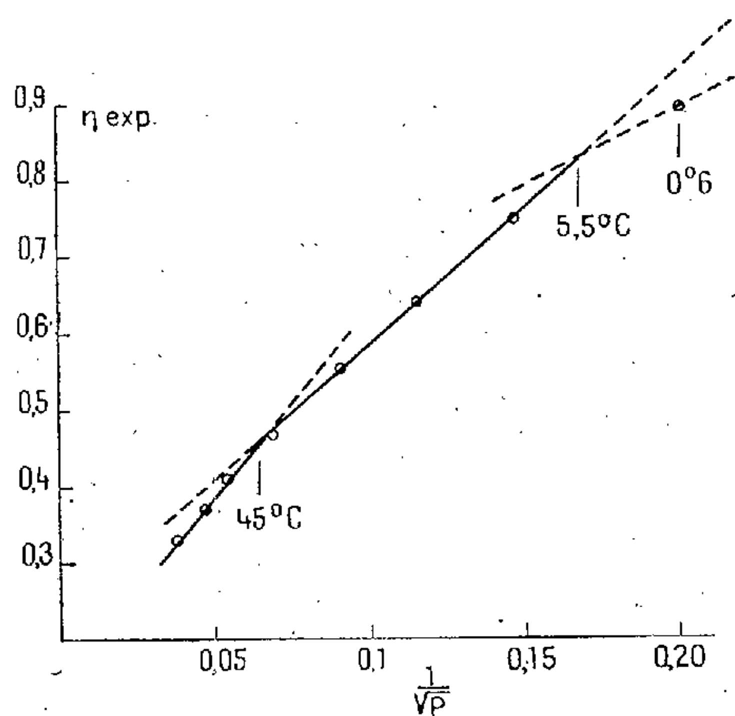
[4] *J. Phys. Chem.*, **36**, 1932, p. 2406.

[5] G. Antonoff and R. J. Conan, *Science*, **109**, 1949, p. 255; *Zeit. Naturforschung*, 4 *a*, 1949, p. 156.

la tension de vapeur a été étudiée en fonction de la température, on a trouvé trois points anguleux à — 115°,36, — 54°,54 et — 9°,23 C.

Yakimac a également étudié plusieurs autres substances avec des résultats analogues et a trouvé ces phénomènes dans toutes les substances sans exception.

Antérieurement, ces points anguleux étaient signalés principalement pour les liquides, tandis que d'après les formules de Urmanczy le phénomène paraît tout à fait général, et comprend aussi l'état solide et gazeux. On a observé antérieurement des points anguleux dans quelques solides, mais comme un phénomène isolé ([6]).



Enfin la figure ci-dessus représente la variation de la viscosité η du benzène en fonction de $1/\sqrt{p}$; on y voit trois lignes droites se croisant aux points anguleux.

Antonoff ([7]) a interprété tous ces faits par sa théorie de l'agrégation moléculaire qui se produit en plusieurs stades quand la température décroît à partir de la température critique.

ÉLECTRICITÉ. — *Le balayage électrique des brouillards.* Note (*) de MM. **Marcel Pauthenier** et **Nadi Loutfoullah**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous ([1]) a montré par un calcul approché la possibilité de condenser électriquement des atmosphères brumeuses (nuages ou brouillards

([6]) W. R. Ham, *Trans. Amer. Soc. of Metals*, 1937, p. 536.

([7]) *Colloid Chemistry, Theoretical and Applied*, New-York, 1950, vol. VII, p. 83.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) M. Pauthenier, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 142.

par exemple) et de premières expériences dans une tour à brouillards ont confirmé ([2]) les prévisions du calcul.

Il nous a paru utile de faire un calcul complet du balayage électrique produit par une particule sphérique électrisée O (charge q_0, rayon R, masse spécifique μ) qui tombe verticalement dans un brouillard neutre de particules telles que P (rayon r notablement plus petit que R, masse spécifique ϖ).

Les forces qui interviennent sont la pesanteur, le frottement de viscosité de l'air (coefficient η), la force attractive centrale f agissant sur le doublet P à la distance ρ de O.

En supposant (pour simplifier l'écriture) le pouvoir inducteur spécifique de P élevé ([1]), on sait que

$$f = 2\frac{q_0^2}{\rho^5}r^3.$$

Dans tous les cas, la chute de la particule O aura pour effet de rapprocher la particule P (qui tombe moins vite que O) de la verticale Ox; mais on prévoit que si la distance initiale de P à la verticale est inférieure à une certaine valeur d elle sera captée; c'est cette grandeur qu'on peut appeler *rayon de balayage électrique* de la sphérule tombante.

Nous supposons provisoirement la hauteur de chute assez petite pour qu'on puisse négliger le grossissement de la particule électrisée par annexion de particules neutres.

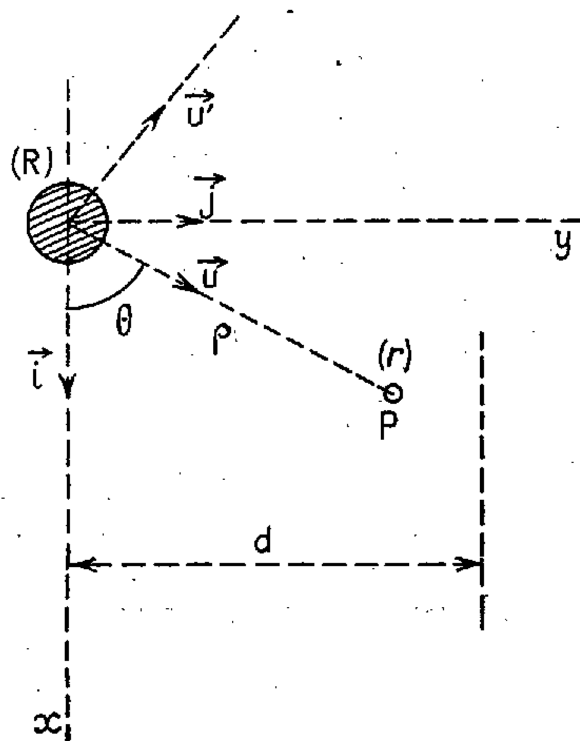


Fig. 1.

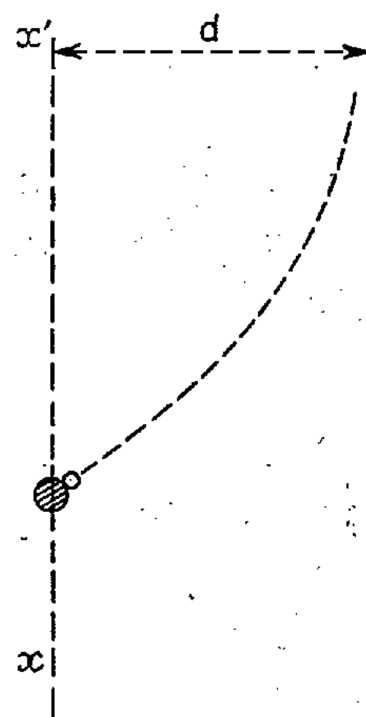


Fig. 2.

A l'aide des vecteurs unité $\vec{i}$, $\vec{u}$, $\vec{j}$ et $\vec{u}'$ perpendiculaire à $\vec{u}$, on peut mettre le problème en équation (*fig.* 1).

([2]) M. Pauthenier, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 587.

Dans le plan mobile xOy lié à (O), si l'on pose

$$a = 2q_0^2 r^3, \qquad b = 6\pi\eta r, \qquad \alpha = \frac{4}{3}\pi r g(\varpi r^2 - \mu R^2).$$

On a, en supposant valable la loi de Stokes, l'équation

$$-a\frac{\vec{\rho}}{\rho^6} - b\frac{d\vec{\rho}}{dt} + \alpha\vec{i} = 0, \qquad \text{où} \quad \vec{\rho} = \rho\,\vec{u};$$

$$\frac{d\vec{\rho}}{dt} = \frac{d\rho}{dt}\vec{u} + \rho\frac{d\theta}{dt}\vec{u}',$$

$$\vec{i} = \vec{u}\cos\theta - \vec{u}'\sin\theta.$$

En intégrant, on trouve finalement

$$\rho^5 = \frac{1}{\sin^5\theta}\left[d^5 + \frac{5a}{\alpha}\left(\frac{3}{8}\theta - \frac{3}{8}\sin\theta\cos\theta - \frac{1}{4}\sin^3\theta\cos\theta\right)\right].$$

La discussion montre qu'il y a rencontre si la distance initiale de P à la verticale xx' est inférieure à une distance

$$d = \left[\frac{45}{16g}\,\frac{q_0^2}{\mu\frac{R^2}{r^2} - \varpi}\right]^{\frac{1}{5}} \quad (\textit{fig. } 2).$$

A titre de vérification, nous remarquerons que si $\mu = \varpi$ et $R = r$ (sphérules tombant d'un même mouvement) d serait infini.

Le *gain* du balayage électrique sur le balayage géométrique apparaît comme ayant la valeur

$$y = \frac{\pi d^2}{\pi R^2}.$$

Exemple numérique :

$$R = 1{,}5.10^{-3}\ \text{cm}, \qquad r = 5.10^{-4}\ \text{cm},$$

$$\mu = \varpi = 1, \qquad q_0 = 4.10^{-4}\ \text{u. e. s. c. g. s.} \qquad \text{(expériences récentes).}$$

Pour reprendre un exemple cité ([1]), supposons d'abord qu'on veuille supprimer la fraction $\lambda = 1 - e^{-1}$ (soit environ les 2/3) d'un brouillard répandu sur une surface S en l'arrosant de gouttelettes *neutres* de rayon R ayant une section totale de balayage égale à S : il faut arroser S avec un nombre $S/\pi R^2$ particules de masse $M = (4/3)\,\mu SR$.

Dans l'exemple choisi ($R = 1{,}5.10^{-3}$ cm) il faudrait ainsi $M = 20$ t/km². En *électrisant* les particules, la masse divisée à répandre tombe à 550 Kg/km².

Remarques. — I. La comparaison numérique précédente est encore très défavorable pour la captation électrique, car, pour des raisons de mécanique des fluides ([3]), le balayage géométrique dû à des sphérules neutres de 15$^{\mu}$ de

([3]) LANGMUIR, *Gen. Elect. Res. Laborat.*, 1948.

rayon est négligeable; on n'atteint un coefficient de captation s'approchant de l'unité que pour $R > 100^{\mu}$, ce qui imposerait un arrosage de gouttelettes neutres consommant plus de 130 tonnes d'eau au kilomètre carré.

II. Pour des couches épaisses de brouillards, et éventuellement de nuages, il faut tenir compte de la croissance de R avec la chute.

MAGNÉTISME. — *Sur le comportement magnétique du cuivre en solution solide dans le cobalt et l'alliage* FeNi. Note de MM. **André J.-P. Meyer** et **Pierre Taglang**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a mesuré les moments magnétiques absolus et points de Curie des solutions solides ferromagnétiques du cuivre dans le cobalt et l'alliage FeNi au moyen des installations de mesure du Laboratoire de Magnétisme de Strasbourg. On note le comportement anormal du cuivre en solution solide dans le cobalt.

Les propriétés magnétiques des solutions solides de cuivre dans le nickel sont bien connues grâce aux travaux d'Alder (1), Sadron (2) et Marian (3). Dans ces alliages le cuivre possède une configuration électronique $3d^{10}4s^{1}$; l'électron $4s$ s'incorpore dans l'atmosphère d'électrons s du nickel, entraînant une diminution du nombre d'ions du nickel, conformément à l'hypothèse de l'équilibre d'ions de L. Néel (4). La pente de la droite représentant les moments magnétiques des alliages Ni-Cu en fonction du titre électronique est donc de $-1\,\mu_B$/électron; pour une concentration de 60 % at. Cu, le moment de l'alliage s'annule.

Ce résultat est en accord avec ceux fournis par l'étude des alliages isoélectroniques du groupe du fer cristallisant dans le réseau du cube à faces centrées (5). Il a donc paru intéressant d'étudier le comportement magnétique du cuivre en solution solide dans le cobalt, alliages de structure hexagonale.

La limite de solution solide de Cu dans Co à haute température, donnée par les points de Curie de la phase cubique de ces alliages (*fig.* 1) se situe à 11,3 % at.Cu. Les moments atomiques mesurés de ces alliages sont ceux de la phase hexagonale stable à basse température. Portés dans le graphique de la figure 2 en fonction de la densité électronique, ces moments sont représentés par une droite de pente $-0{,}71\,\mu_B$/électron, pente compatible avec celle observée par Sadron (2) dans les alliages Co-Au. Dans ces alliages les atomes de cuivre semblent donc être porteurs d'un moment de $+0{,}3\,\mu_B$. Ce résultat peut être interprété si l'on suppose que le cuivre possède dans ces alliages une confi-

(1) *Thèse*, Zurich, 1916.

(2) *Thèse*, Strasbourg, 1932.

(3) *Thèse*, Strasbourg, 1936.

(4) *Le Magnétisme*, II, p. 105, Strasbourg, 1940.

(5) P. Taglang, *Thèse*, Strasbourg, 1950.

guration électronique moyenne $3d^{9,7}\ 4s^{1,3}$, configuration qui pourrait résulter d'un mélange d'ions d'environ 30 % $3d^9\ 4s^2 + 70$ % $3d^{10}\ 4s$, similaire à celle généralement admise pour le nickel, 30 % $3d^8\ 4s^2 + 70$ % $3d^{10}$. Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu par J. Wucher ([6]) dans l'étude paramagnétique des alliages Pd-Cu, dans lesquels les atomes de cuivre semblent être doublement ionisés.

	Co-Cu.					(Fe-Ni)-Cu.				
At. Cu (%).	0.	1.	4,5.	8.	14.	0.	3.	6.	8.	21.
θ (°K)..	1403	1394	1364	1343	1318	815	804	792	784	739
μ_B.....	1,719	1,708	1,661	1,607	–	1,663	1,602	1,549	1,509	–

Le comportement différent du Cu en solution solide dans Ni et Co peut être dû soit à la différence de densité électronique, soit à la différence de réseau de ces deux métaux. Afin d'éclaircir ce point, nous avons étudié les solutions

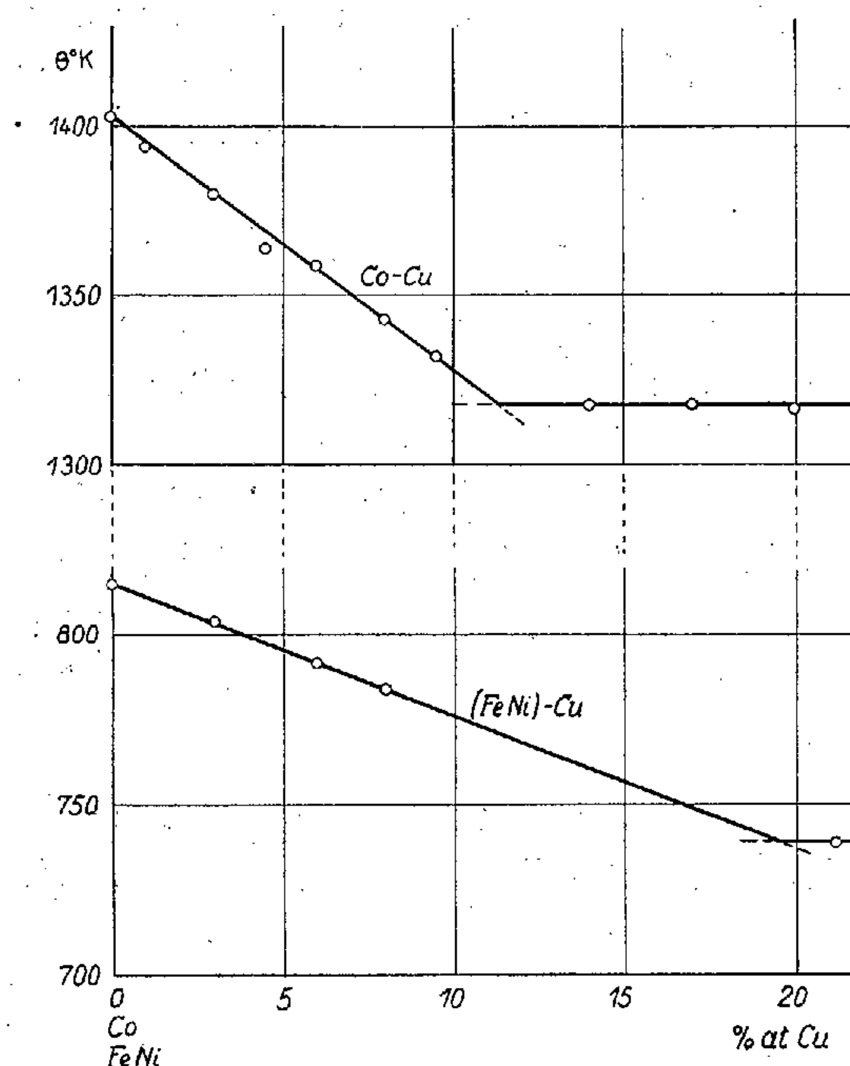


Fig. 1.

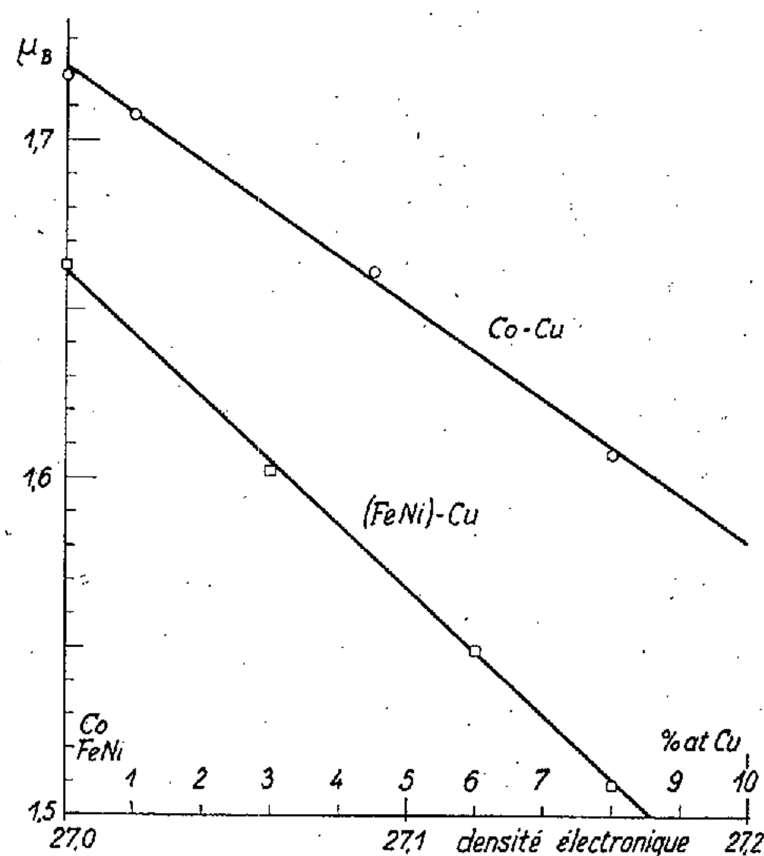


Fig. 2.

solides de Cu dans l'alliage FeNi, isoélectronique avec Co et de même structure que Ni. La limite de solution solide de ces alliages est fortement variable avec la température ([7]); près de leurs points de Curie (*fig.* 1) elle se situe vers 20 % at. Cu. A basse température, elle est plus faible. Leurs moments ato-

([6]) *Thèse*, Strasbourg, 1950.

([7]) O. Dahl, J. Pfaffenberg et N. Schwartz, *Metallwirtschaft*, 14, 1935, p. 665.

miques moyens (*fig.* 2) sont représentés en fonction du titre électronique par une droite de pente $-0,97\ \mu_B$/électron.

Le cuivre en solution solide dans FeNi se comporte donc de même façon que dans le nickel. Il en résulte que l'état anormal du cuivre en solution solide dans le cobalt est à attribuer à la structure hexagonale de ces alliages. On en conclut que la densité d'électrons libres du cuivre dans ces alliages hexagonaux doit être supérieure à celle qu'il a dans des alliages cristallisant dans le système du cube à faces centrées et ceci conformément à la règle de Hume-Rothery.

OPTIQUE. — *Sur la détermination simultanée des constantes optiques et de l'épaisseur des couches métalliques très minces.* Note (*) de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude des expressions des facteurs de réflexion et de transmission des couches métalliques très minces, dont nous rendrons compte ailleurs, nous a permis de montrer comment on peut déduire simplement des mesures de ces quantités les valeurs des constantes optiques et de l'épaisseur de la couche supposée homogène et isotrope.

Notations. — Désignons par n_0, n_2, φ_0 et φ_2 les indices et l'angle d'incidence dans les milieux extrêmes supposés transparents et par $n = \nu - i\varkappa$ *l'indice complexe* du métal déposé en couche mince d'épaisseur d. Si λ est la longueur d'onde dans le vide de la radiation monochromatique incidente, on pose $\gamma = 4\pi d/\lambda$. On désigne par $\rho_1 \exp(i\theta_1)$, $\rho_2 \exp(i\theta_2)$ les coefficients de réflexion aux passages n_0/n et n/n_2, et par $\tau_1 \exp(i\psi_1)$, $\tau_2 \exp(i\psi_2)$ les coefficients de transmission aux mêmes interfaces. Soient d'autre part R et R′ les facteurs de réflexion *côté* 0 et *côté* 2, T le facteur de transmission, et $A = 1 - R - T$, $A' = 1 - R' - T$ les facteurs d'absorption.

Dans le cas des couches très minces, $\gamma \ll 1$, et l'on peut développer en série de puissances croissantes de γ les numérateurs et dénominateurs de R, R′, et T. On obtient

$$(1)\qquad \frac{R}{R'} = \frac{\sum_{m=0}^{\infty} (a_{2m}\gamma^{2m} \pm a_{2m+1}\gamma^{2m+1})}{\sum_{m=0}^{\infty} (b_{2m}\gamma^{2m} + b_{2m+1}\gamma^{2m+1})},$$

$$(2)\qquad T = \frac{n_2 \cos\varphi_2\, \tau_1^2 \tau_2^2}{n_0 \cos\varphi_0 \sum_{m=0}^{\infty} (b_{2m}\gamma^{2m} + b_{2m+1}\gamma^{2m+1})}.$$

(*) Séance du 30 octobre 1950.

avec [1]

$$(2m)!\ a_{2m} = (\rho_1^2+\rho_2^2)\,q^{2m} + (-1)^m 2p^{2m}\,\rho_1\rho_2\cos(\theta_2-\theta_1),$$
$$(2m)!\ b_{2m} = (1+\rho_1^2\rho_2^2)\,q^{2m} + (-1)^m 2p^{2m}\,\rho_1\rho_2\cos(\theta_2+\theta_1,$$
$$(2m+1)!\ a_{2m+1} = (\rho_1^2-\rho_2^2)\,q^{2m+1} + (-1)^m 2p^{2m+1}\,\rho_1\rho_2\sin(\theta_2-\theta_1,$$
$$(2m+1)!\ b_{2m+1} = (1-\rho_1^2\rho_2^2)\,q^{2m+1} + (-1)^m 2p^{2m+1}\,\rho_1\rho_2\sin(\theta_2+\theta_1).$$

Dans le cas de l'incidence normale, Wolter [2] a déjà effectué les développements en série précédents, mais en s'arrêtant aux termes en γ^2 seulement. Dans ces conditions, étant donné que $a_2 = b_2$, on trouve que les trois quantités R, R′ et T ne sont pas indépendantes, car

$$(3)\qquad n_0(1-R'-T) = n_2(1-R-T).$$

Les trois mesures ne fournissant plus que deux relations indépendantes, il était impossible d'en déduire les trois inconnues ν, $\varkappa$ et d. Nous avons gardé les termes en γ^3 dans les développements en série, et avons pu montrer ainsi que l'on obtient les valeurs de ν, $\varkappa$ et d en résolvant d'abord l'équation du troisième degré en $X = \nu\varkappa d$

$$(4)\quad (n_2A - n_0A')TX^3 + 3(n_2^2-n_0^2)T^2X^2 - 2\left\{\left[\frac{n_0n_2(R+R')}{T} \pm (n_0^2+n_2^2+n_0n_2)\right](n_2A-n_0A') + 3n_0n_2(n_2A'-n_0A)\right\}TX + 3n_0n_2(n_2^2-n_0^2)AA' = 0.$$

Ayant déterminé la valeur de X, on aura

$$(5)\qquad \gamma^2 = \frac{12(n_2A-n_0A')}{(n_2^2-n_0^2)TX},$$

$$(6)\qquad \varkappa^2-\nu^2 = \frac{n_0n_2(n_2A'-n_0A)-(n_2^2-n_0^2)TX}{n_2A-n_0A'},$$

et, connaissant les valeurs de $\nu\varkappa$ et $\varkappa^2-\nu^2$, on en déduira ν et $\varkappa$.

Si l'onde incidente est polarisée dans le plan d'incidence, les formules (3) à (6) restent valables, à condition d'y remplacer partout n_0 et n_2 par $n_0\cos\varphi_0$ et $n_2\cos\varphi_2$ et $\varkappa^2-\nu^2$ par $\varkappa^2-\nu^2+n_0^2\sin^2\varphi_0$. Lorsqu'elle est polarisée perpendiculairement à ce plan, la relation (3) n'est plus valable, même en s'arrêtant aux termes en γ^2. Dans le cas de l'incidence brewstérienne relative au passage 0 — 2, comme dans le cas où les milieux extrêmes sont identiques et l'incidence et la polarisation de l'onde quelconques (autrement dit, lorsque les milieux extrêmes ont la même impédance caractéristique), $a_0 = a_1 = 0$ et le développement en série de $R = R'$ commence par un terme en γ^2.

Remarques. — 1° On démontre que, quelle que soit l'incidence et la polarisation de l'onde, les a_i et b_i ne font intervenir ν et $\varkappa$ que par l'intermédiaire des deux expressions suivantes : $\nu\varkappa$ et $\varkappa^2-\nu^2$.

---

(1) En passant $p^2-q^2=\nu^2-\varkappa^2-n_0^2\sin^2\varphi_0$, $pq=\nu\varkappa$.

(2) *Zeits. f. Physik.*, 105, 1937, p. 269.

2° Notre approximation du troisième ordre est valable aussi longtemps que, pour une onde polarisée dans le plan d'incidence, la quantité

$$\frac{(A\, n_2 \cos\varphi_2 - A'\, n_0 \cos\varphi_0)}{T}$$

est invariante lorsqu'on fait varier l'angle d'incidence. Cela est une conséquence directe de (5).

DIFFUSION DE LA LUMIÈRE. — *L'influence de l'absorption sur l'intensité de la lumière diffusée par les fluides.* Note (*) de M. **Jacques Tonnelat** et Mlle **Huguette Batsch**, présentée par M. Jean Cabannes.

On est parfois amené à mesurer l'intensité de la lumière diffusée par des solutions qui présentent une absorption propre. Il est alors nécessaire d'effectuer une correction dont le calcul a été fait par Caspersson [1] dans le cas de l'observation à angle droit. Le but de ce travail est d'étendre son raisonnement au cas général.

Nous admettons que la diffusion est assez faible pour que la diffusion secondaire soit négligeable. L'intensité diffusée par unité de volume dans la direction θ pour une concentration c peut se mettre sous la forme

$$I_d = k(\theta)\, f(c)\, I_0,$$

I_0 étant l'intensité incidente. D'autre part en désignant par μ le coefficient d'absorption, l'intensité transmise par l'épaisseur l est

$$I = I_0\, e^{-\mu c l}.$$

Le liquide est placé dans une cuve circulaire de rayon R. Soient h la hauteur et a et b les largeurs respectives des faisceaux incident et diffusé. Nous admettrons que a et b sont assez petits devant R pour qu'on puisse confondre avec le plan tangent les portions de parois constituant les faces d'entrée et de sortie des faisceaux.

Considérons un élément de volume diffusant dv situé en M à la distance u de la face d'entrée et à la distance v de celle de sortie. En appelant I_0 l'intensité arrivant sur la face d'entrée de la cuve l'intensité reçue en M sera

$$I_r = I_0\, e^{-\mu c u}.$$

L'intensité diffusée par l'élément dv sera

$$I_d = k(\theta) f(c)\, I_r\, dv.$$

L'intensité à la sortie de la cuve sera

$$I_s = I_d\, e^{-\mu c v}.$$

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) *Kolloid Zeits.*, 65, 1933, p. 162.

Prenons pour axes de coordonnées obliques ωx, ωy une arête de chacun des faisceaux et pour ωz la perpendiculaire commune (*fig.* 1). On voit facilement que

$$u = x - y\cos\theta + R + \frac{a\cos\theta - b}{2\sin\theta},$$

$$v = y - x\cos\theta + R + \frac{b\cos\theta - a}{2\sin\theta}.$$

Pour l'ensemble du volume diffusant l'intensité du faisceau à la sortie de la cuve sera

$$I_v = \iiint I_0\, k(\theta) f(c)\, e^{-\mu c\left[2R + (a+b)\frac{\cos\theta - 1}{2\sin\theta}\right]} e^{-\mu c(x+y)(1-\cos\theta)} \sin\theta\, dx\, dy\, dz,$$

d'où

$$I_v = I_0\, k(\theta) f(c)\, A(\mu, \theta, c),$$

avec

$$A(\mu, \theta, c) = \frac{1}{\mu^2 c^2} \frac{h\sin\theta}{(1-\cos\theta)^2} e^{-\mu c\left[2R + (a+b)\frac{\cos\theta - 1}{2\sin\theta}\right]} \left(1 - e^{-\mu c a\frac{1-\cos\theta}{\sin\theta}}\right)\left(1 - e^{-\mu c b\frac{1-\cos\theta}{\sin\theta}}\right).$$

Les largeurs des faisceaux a et b étant fixes, le volume diffusant varie avec l'angle d'observation. En appelant $V_{90^\circ} = abh$ le volume diffusant pour $\theta = 90^\circ$, l'intensité observable diffusée par l'unité de volume sera $I = I_v(\sin\theta / V_{90^\circ})$.

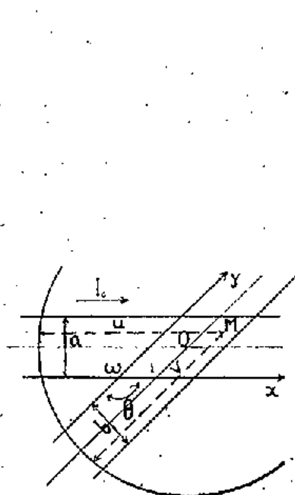


Fig. 1.

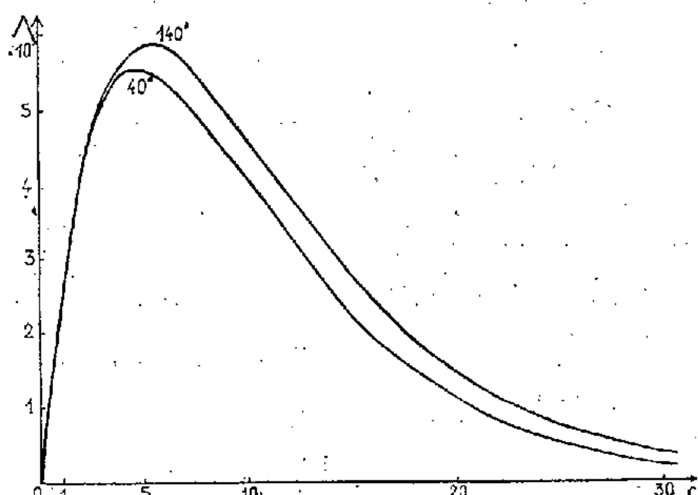


Fig. 2.

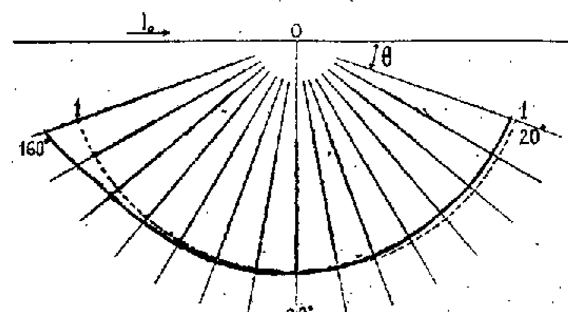


Fig. 3.

On constate que l'absorption affecte différemment l'intensité diffusée dans deux directions symétriques par rapport à la normale ($\theta = 90^\circ$). Le facteur de correction doit être calculé d'après les dimensions de la cuve et des faisceaux pour chaque valeur du coefficient d'absorption μ et de la concentration c.

Lorsque la solution est suffisamment diluée, on peut admettre que l'intensité diffusée est proportionnelle à la concentration : $f(c) = k'.c$. Dans cette hypothèse l'intensité diffusée par unité de volume est $I_u = k(\theta) \times k' \times \Lambda(\mu, \theta, c)$, avec $\Lambda(\mu, \theta, c) = c \times A(\mu, \theta, c) \times \sin\theta$. Λ est le facteur de correction par lequel il faut alors diviser l'intensité observée pour obtenir l'intensité que diffuserait le liquide s'il était dépourvu d'absorption. Les courbes de la figure 2

donnent en fonction de la concentration la valeur de Λ, au facteur $1/\mu^2 a^2$ près, pour deux directions symétriques par rapport à la normale, $\theta = 40°$ et $\theta = 140°$, dans le cas où $a = b = R/10$. On a pris une concentration de base c_0 telle que $\mu c_0 a = 0{,}01$. La courbe de la figure 3 donne la variation de Λ en fonction de θ pour la concentration $c = 6c_0$ en prenant pour unité la valeur de Λ pour $\theta = 90°$. Ces courbes sont également, à un facteur près, celles de l'intensité observée lorsque $k(\theta) = k(\pi - \theta)$ pour la figure 2, et lorsque $k(\theta) = \text{const.}$ pour la figure 3.

SPECTROSCOPIE. — *Étude quantitative des séries harmoniques des vibrations* CH, CH_2 *et* CH_3 *de valence*. Note de M. **Germain Gauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous étudions la position des maxima et l'intensité des composantes des bandes d'absorption d'hydrocarbures saturés aliphatiques liquides dans le proche infrarouge, en utilisant la formule de Kratzer

$$\nu_n = n\nu_0(1 - nx), \tag{1}$$

ν_n, position de l'harmonique d'ordre n; x, constante d'anharmonicité. Connaissant la position et l'identité des composantes dans les différents harmoniques, nous avons repris le travail sur les séries de Kratzer, déjà proposées par différents auteurs. En portant ν_n/n en abscisses par rapport à n en ordonnées (n = numéro de l'harmonique), sans anharmonicité, les lignes reliant, dans les harmoniques successifs, les positions des maxima correspondant à un même groupement donneraient des droites verticales. Une droite inclinée sur l'axe indique la présence d'une anharmonicité. Il nous a paru beaucoup plus facile de vérifier l'existence d'une droite, sur un intervalle ν_n/n variant de $400\,\text{cm}^{-1}$, que la régularité d'une parabole $\nu_n = f(n^2)$ sur un intervalle ν_n variant de $8000\,\text{cm}^{-1}$. *Nos nombres* (¹) (précision de $3\,\text{cm}^{-1}$) *ne se placent ni sur une droite, ni sur une parabole en portant* ν_n/n *en fonction de* n. Les courbes expérimentales ont alors une concavité positive pour $1 < n \leq 3$ et négative pour $n \geq 4$.

Nos résultats ne s'interprètent pas non plus en essayant de compléter la formule de Kratzer par des termes d'ordre supérieur :

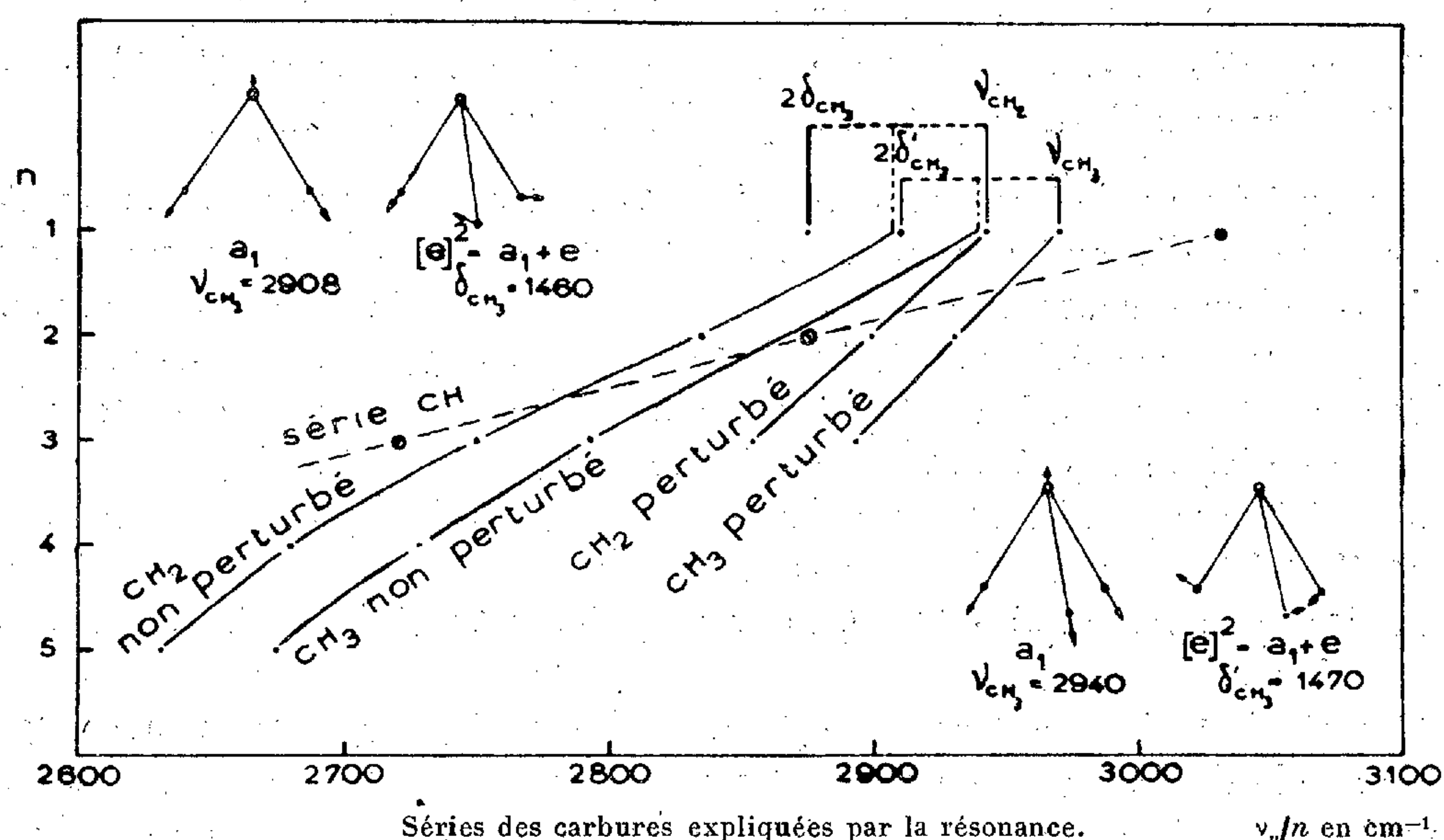
$$\nu_n = n\nu_0(1 - nx + n^2y - n^3z). \tag{2}$$

Toutes les courbes fournies ont des dérivées secondes qui changent de signe à $\nu_n = \nu_0$. Les constantes y et z, petites devant x, sont responsables de la concavité régulière (anharmonicité du second ordre).

(¹) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 837.

Accepter que la fonction ν_n/n ait une dérivée seconde changeant de signe pour une certaine valeur entre 2760 *et* 2800 cm^{-1} *est inadmissible pour la suite des nombres entiers n formant une série.*

Nous proposons plutôt de *faire intervenir à* $3^{\mu},4$, *un phénomène de résonance entre une vibration harmonique et une vibration fondamentale.* Dans le domaine des vibrations de déformation, l'hexane possède deux bandes à 1460 et 1470 cm^{-1}, attribuables à une vibration double dégénérée de CH_3 ([2]), et, dans la région des vibrations de valence, deux paires de bandes, l'une à 2875 (CH_3) et 2942 (CH_2) cm^{-1} (l'intensité de la composante CH_3 suit celle de CH_2 par suite de la résonance), et l'autre à 2910 et 2970 cm^{-1} (toutes deux CH_3). La première paire proviendrait de la résonance de $2\times 1460 = 2920$ avec une fréquence fondamentale CH_2 vers 2908 cm^{-1} (courbe CH_2 non perturbée extrapolée); la seconde, de la résonance de $2\times 1470 = 2940$ cm^{-1} avec une fondamentale CH_3 vers 2940 cm^{-1} (courbe CH_3 non perturbé extrapolée). En somme, la perturbation, par les harmoniques $2\delta_{CH_3}$ et $2\delta'_{CH_3}$ des vibrations ν_{CH_2} et ν_{CH_3} conduit à élever leur fréquence. Les vibrations à 2980 et et 2940 cm^{-1} sont simples et ne peuvent résonner qu'avec une vibration harmonique de même symétrie provenant de CH_3.



Séries des carbures expliquées par la résonance. ν_n/n en cm^{-1}.

Suivant les schémas de résonance indiqués, le même phénomène de résonance ne peut avoir lieu pour l'harmonique $n=2$ des fréquences 2908 et 2940 cm^{-1} avec l'harmonique $n=4$ des fréquences 1460 et 1470 cm^{-1}, ni pour les harmoniques suivants, à cause du trop grand écartement des

([2]) G. Herzberg, *Infrared and Raman Spectra*, 1945, p. 110.

fréquences. De cette manière, la courbe CH_2 non perturbée comprend tous les points expérimentaux des harmoniques et aboutit, pour le fondamental, à une position nécessairement différente de la fréquence mesurée. Même observation pour le CH_3 non perturbé. Avec notre hypothèse, les deux courbes sont devenues régulières. *Les vibrations de valence* CH_2 *et* CH_3 *perturbées par la résonance* (2908 *et* 2940) *et non perturbées* (2942 *et* 2970) *donnent naissance à quatre séries bien marquées.* Les séries non perturbées demandent qu'un terme du second degré en n^2 (avec $y \simeq 0{,}0004$) soit ajouté à la formule de Kratzer (2), terme qui n'affecte la série qu'à partir de l'harmonique $n = 4$.

Nous avons aussi tenté d'expliquer par une série les vibrations CH de valence, présentes dans les carbures ramifiés. Les fréquences CH, extrapolées dans la région fondamentale, arrivent à 3030 cm^{-1}. Les spectres du Bureau of Standards de Washington (1946) montrent que cette fréquence apparaît, avec une fluctuation de ± 5 cm^{-1} dans *tous* les produits ramifiés, alors qu'elle est totalement absente dans les spectres des chaînes droites. Ces composantes CH sont les moins intenses des différents harmoniques, conformément à la théorie.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *La propagation de la décharge dans les compteurs Geiger-Müller à cathode externe.* Note (*) de M. **Maurice Schérer** et Mlle **Elisabeth Vieille**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Les expériences de Craggs et Jaffe [1] ont montré que les photons produits au cours des diverses avalanches constituant la décharge d'un compteur Geiger-Müller ne sont pas complètement absorbés dans la vapeur organique. Ils ont pu mettre en évidence l'effet photoélectrique des photons non absorbés en étudiant la propagation de la décharge dans une série d'autres compteurs à cathode de laiton alignées et renfermées dans une même enveloppe de verre. Ces expériences paraissent apporter la preuve qu'il s'agit surtout d'un effet photoélectrique sur la cathode métallique, car en munissant chaque cathode d'un disque de verre qui l'obture, la propagation est réduite dans de grandes proportions.

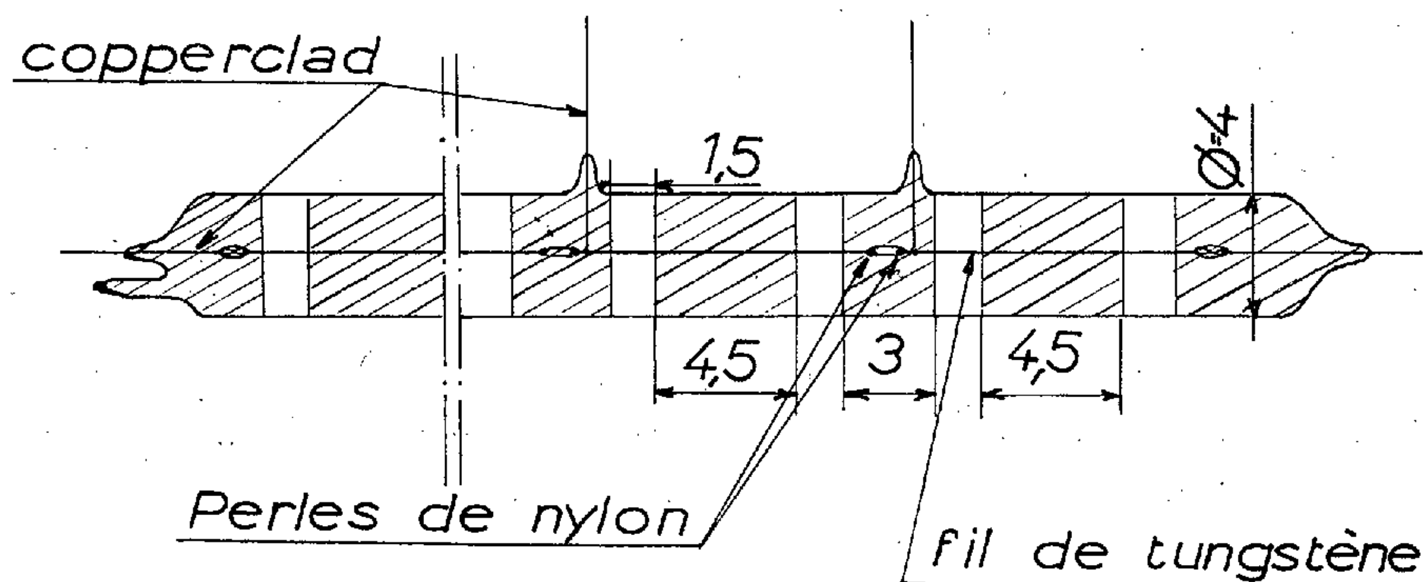
Ces résultats nous ont suggéré d'étudier d'une façon analogue la propagation de la décharge dans un compteur type Maze (à cathode externe) : sur un même tube de verre sont disposées plusieurs cathodes externes de graphite suivant le schéma ci-après.

Afin d'éviter toute influence électrique d'un compteur à l'autre, les sections formaient des compteurs séparés pourvus chacun d'un fil anodique de tungstène, isolé de celui des sections adjacentes par une perle de nylon.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

[1] *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 784.

Pour délimiter les longueurs efficaces des sections, le champ électrique dans la région de jonction était annulé lorsqu'on portait la partie graphitée qui l'entoure à la même tension que le fil (2). Ce compteur *multiple* en verre *novo* de $0^{mm},8$ d'épaisseur comportait ainsi cinq sections identiques, la distance minimum de deux sections étant 60^{mm}, le diamètre de la cathode externe 40^{mm}, la longueur d'une cathode 45^{mm}. Le remplissage était de 90^{mm} d'argon pour 16^{mm} d'alcool éthylique. Les paliers étaient d'environ 300 V.



Les parties hachurées sont graphitées extérieurement.

On mesure les coïncidences doubles entre deux sections. Elles représentent, outre les gerbes et les fortuites, les coïncidences dues à un effet photoélectrique des photons non absorbés passant d'une section à l'autre. En l'absence de source radioactive on a trouvé;

sections V-IV : $1,7 \pm 0,004$ coïncidences/min pour 60^{mm} de distance.

sections V-III : $0,5 \pm 0,004$ coïncidences/min pour 165^{mm} de distance.

On a irradié la section V à l'aide d'une source de rayons γ, bien collimatés, de façon à multiplier par 4 le taux d'impulsion de cette section (60 min). Les taux de coïncidences sont devenus respectivement : 5 et $0,7 \pm 0,004$.

3,3 coïncidences/min est donc l'accroissement correspondant à la propagation seule lorsque le nombre d'impulsions du compteur excité passe de 60 à 240 à la minute. Par suite $1,8 \pm 0,1$ % des impulsions donne lieu à un effet photoélectrique sur la cathode du compteur situé à 60^{mm} et $0,11 \pm 0,01$ % dans le compteur à 165^{mm}.

Les pourcentages précédents restent sensiblement constants tout le long du palier du compteur irradié.

Il a été utilisé d'autre part un compteur à cathode externe muni d'une fenêtre de verre obturant presque complètement le cylindre entre deux des cathodes, comme dans les compteurs spéciaux de Balakrishnan, J. D. Craggs

(2) D. Blanc et M. Schérer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2018.

et A. A. Jaffe [3]. Malgré la proximité des cathodes (50^{mm}), il ne semble plus y avoir de propagation. On retrouve donc ici aussi l'effet du disque de verre sur la localisation de la décharge.

Bien qu'obtenus dans des conditions expérimentales différentes, nos résultats permettent de conclure à une propagation assez voisine (mais cependant plus forte) de celle observée par Craggs et Jaffe. (Ces deux auteurs ayant donné à leurs mesures une valeur comparative plutôt qu'absolue.)

Cela montrerait que la paroi de verre du compteur à cathode externe, contrairement à ce que nous attendions d'abord, n'agit pas comme un disque de verre absorbant au travers du compteur, cette paroi donne lieu à un effet photoélectrique au moins aussi élevé que celui d'une cathode de laiton.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'état d'oxydation des centres luminogènes sur la couleur de luminescence du sulfure de zinc activé au cuivre.* Note de M. **Edmond Grillot** et Mme **Marguerite Bancie-Grillot**, présentée par M. Paul Lebeau.

Pour une même teneur en cuivre, les auteurs ont obtenu des SZn(Cu) présentant, selon le degré d'oxydation du luminogène, soit la luminescence verte bien connue, soit une fluorescence bleu violet sans persistance notable. Cette influence chimique paraît infirmer l'hypothèse souvent admise d'atomes neutres interstitiels luminogènes.

Plusieurs explications différentes ont été récemment proposées pour expliquer le mécanisme de la photoluminescence bleue du sulfure de zinc activé au cuivre. F. A. Kroeger et J. E. Hellingman [1] ont insisté sur l'importance de l'addition fusible. Par contre, A. A. Tcherepniev et T. C. Dobrolioubskaïa [2] reprennent l'idée de S. Rotschild [3] sur l'influence prédominante de la concentration du luminogène. Enfin, N. Riehl et G. Ortman [4] envisagent l'existence de deux états différents du cuivre métallique interstitiel introduit.

Bien qu'à peu près toutes les préparations du produit bleu décrites comportent une calcination en milieu réducteur, personne cependant ne semble avoir porté une attention suffisante à la remarque de A. Guntz qui écrivait dès 1926 [5] : lorsqu'un sulfure de zinc est rigoureusement exempt d'oxyde, ce qui ne s'obtient d'ailleurs pas facilement, la fluorescence est

(3) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 410.

(1) *J. Electrochem., Soc.* (U. S. A.), 93, 1948, p. 156-157.

(2) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 66, 1949, n° 4, p. 621-623.

(3) *Trans. Faraday Soc.*, 42, 1946, p. 635-642.

(4) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 66, 1949, n° 4, p. 613-616 et n° 5, p. 841-845.

(5) *Ann. Chim.*, 10e série, 5, 1926, p. 195.

violette. En fait, nos expériences l'ont montré, c'est l'état d'oxydation des centres de luminescence qui constitue le facteur prédominant dans l'obtention de SZn(Cu) de luminescence, soit bleu tirant sur le violet, soit verte, soit intermédiaire (bleu clair, probablement par superposition des deux bandes d'émission α et β),

Nos échantillons de sulfure de zinc activés au cuivre ont été obtenus en prenant comme matière première le disulfure de zinc S_2Zn, dont la mise en évidence et la préparation ont fait l'objet d'une étude précédente de l'un d'entre nous [6]. Ce produit est d'abord imprégné de 3 % d'addition fusible (ClNa) et d'un sel de cuivre (par exemple 5.10^{-5} g Cu/g SZn final). Par calcination (par exemple à 1200°) en creuset de silice fermé et brasqué par du sulfure de zinc technique, il se décompose en sulfure de zinc SZn avec dégagement de l'atome excédentaire de soufre : toute trace d'oxygène dans le produit ou dans l'atmosphère du creuset est éliminée.

Par refroidissement sans autre précaution, on obtient une substance microcristalline de très belle luminescence verte, à longue persistance. Par contre, si l'on opère de telle façon que, pendant la calcination et jusqu'à son retour à la température ordinaire, le produit se trouve absolument à l'abri de l'oxygène de l'air, seule une luminescence bleu-violet sans pratiquement aucune persistance est observée, sous excitation de radiations ultraviolettes ou X aussi bien que de rayonnements cathodiques ou α, ou encore par électrophotoluminescence. Enfin, si la protection contre l'oxydation par l'air qui rentre pendant le refroidissement n'est pas absolument rigoureuse, on obtient un produit dont la luminescence est, selon son degré d'imperfection, soit hétérogène (bleu sans persistance avec traînées vertes persistantes), soit bleu clair avec persistance faible, soit enfin verte, mais avec un vif éclair bleu clair au début de l'excitation.

Des expériences sont actuellement poursuivies en vue de préciser la variation de la répartition spectrale de la luminescence avec la quantité d'oxygène introduit. Mais dès maintenant, il nous est apparu que le nombre d'atomes d'oxygène nécessaires pour passer de la luminescence bleue à la luminescence verte est du même ordre de grandeur que celui du cuivre luminogène : pour 20^g de SZn(Cu) contenant 1^mg de cuivre, une fraction de milligramme d'oxygène est suffisante.

Dans les théories de la luminescence, l'hypothèse selon laquelle les luminogènes seraient incorporés à l'état d'atomes neutres, situés en position interstitielle dans le réseau cristallin est souvent admise depuis les travaux de E. Tiede et E. Weiss [7]. Dans le cas du sulfure de zinc activé au cuivre, nous venons de voir que le passage de la luminescence du bleu au vert doit être

---

(6) E. Grillot, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 543-545 et *Bull. Soc.* (sous presse).
(7) *Berichte*, **65**, 1932, p. 364.

attribué à une oxydation du luminogène. Dans le sulfure vert, nos observations sont donc en contradiction avec cette hypothèse simple de cuivre atomique interstitiel et prouvent au contraire l'importance de la combinaison chimique dans laquelle cet élément se trouve engagé, ou tout au moins la forte dépendance d'avec les atomes environnants. Pour le sulfure bleu on pourrait certes envisager que le cuivre soit réduit à l'état métallique. Il pourrait alors, ou bien agir à cet état, ou bien être sans action et laisser le champ libre à la luminescence bleue du sulfure de zinc self-activé (présence d'atomes de zinc interstitiel), l'existence de celui-ci étant elle-même supposée admise ([8]). Cependant, en raison de l'influence chimique de certains éléments, tels les halogènes, sur l'intensité de la fluorescence bleue, et de leur présence au sein du cristal luminescent à une concentration sensiblement égale à celle du luminogène ([9]), nous inclinons à penser que, dans le SZn(Cu) bleu, le luminogène fait également partie d'une combinaison chimique. La capacité d'émission verte ou bleue des centres pourrait alors s'expliquer, soit par une variation de la valence du cuivre, soit par une modification de type de cations complexes du cuivre, dans la formation desquels l'addition fusible jouerait également son rôle.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage spectrophotométrique du calcium dans les eaux par l'acide chloranilique.* Note (*) de M. **Marcel Le Peintre**, présentée par M. Louis Hackspill.

La méthode de Barreto ([1]), développée par Tyner ([2]), a été modifiée par fixation rigoureuse et facile du pH. La comparaison aux méthodes classiques donne une erreur au plus égale à 3% avec le spectrophotomètre utilisé, lequel donne une erreur maximum de 1,5%. Nous n'avons pas observé l'erreur systématique en excès de 5% de Tyner. Après analyse de l'interférence du magnésium, nous indiquons un procédé permettant de doser le calcium en présence de cinq fois plus de magnésium.

Au service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris, nous avons été amené à étudier l'influence du pH sur l'absorption lumineuse des solutions d'acide chloranilique après précipitation de son sel calcique. Pour connaître le domaine de précipitation complète de ce sel, nous avons, sur une série de solutions

([8]) Des expériences que nous entreprenons sur le contrôle rigoureux de l'élimination des luminogènes dans les différentes méthodes de purification des sels de zinc permettront peut-être de résoudre cette question.

([9]) F. A. Kroeger et J. E. Hellingman, *J. Electrochem. Soc.* (U. S. A.), 95, 1949, p. 68-69.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) *Bol. Soc. Brasil. agro.*, 8, 1945, p. 351.

([2]) *Analyt. Chem.*, 20, 1948, p. 76.

calciques de même concentration ajustées à des pH variables, précipité le calcium suivant la technique de Tyner. Les filtrats des solutions ont été ramenés au même pH (le plus acide) à l'aide d'une solution tampon pour supprimer l'incidence du pH sur l'absorption. Au spectrophotomètre nous avons observé qu'au-dessous de pH 2,5, la concentration en acide chloranilique augmentait pour devenir importante à pH 2; de pH 2,6 à pH 3 elle demeurait constante. Le pH du sel acide calculé d'après les pK donnés par Schwarzenbach (³) serait de 2, cette valeur est confirmée par nos essais. Ce dernier auteur montre également que l'absorption est maximum au pH 2. Il nous faut malheureusement, d'après ces résultats travailler sur la pente de la courbe absorption-pH. Pour étudier l'incidence du pH sur l'absorption nous avons construit (*fig.* 1), la courbe (pH initiaux des solutions à concentration calcique constante-transmittance) pour des valeurs du pH initial allant de 2,8 à 6,5, les pH finaux (après adjonction d'acide chloranilique) variaient alors de 2,65 à 2,95. Il apparaît que l'absorption varie peu au voisinage du pH 4,5. Ce dernier point n'est pas une anomalie d'absorption, il s'explique par le fait qu'entre pH 4 et 5, il y a en solution presque uniquement des sels neutres d'acides forts et de l'acide carbonique libre. Du fait de la faible action de l'acide carbonique sur le pH final, celui-ci varie très faiblement et agit de même sur l'absorption. L'application pratique de ce résultat est évidente.

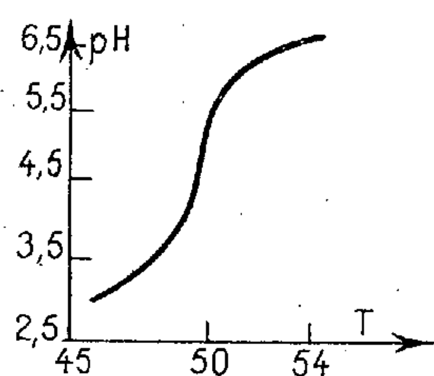


Fig. 1.

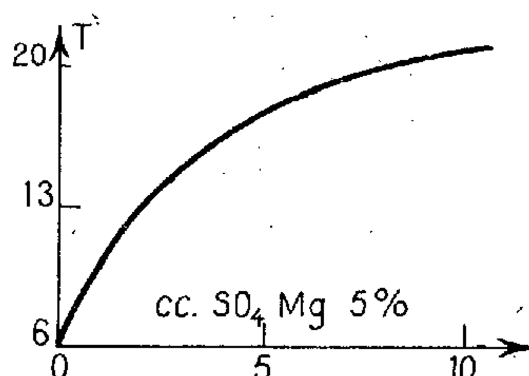


Fig. 2.

D'autre part, nous avons étudié la suppression de l'interférence du magnésium dont l'action sur la précipitation du sel calcique et sur l'intensité de l'absorption ont été précisées par Gammon et Forbes (⁴). A cet effet nous avons augmenté la proportion d'acide chloranilique (action de masse) et ajouté à une série de solutions (à concentration calcique et pH constants) des quantités croissantes de magnésium. Après 3 heures nous avons sur chaque essai complété la teneur en magnésium de telle sorte que la concentration de ce métal soit constante dans tous les essais pour supprimer l'interférence sur l'intensité d'absorption. Les mesures d'absorption ont donné des chiffres

(³) *Helv. Chem. Acta.*, 24, 1941, p. 617.
(⁴) *Analyt. Chem.*, 21, 1949, p. 1391.

constants jusqu'au rapport $Mg/Ca = 5$, l'empêchement à la précipitation est ainsi repoussé vers les grands rapports Mg/Ca. La courbe (*fig.* 2) (absorption de l'acide chloranilique à concentration et pH constants — teneurs en Mg), nous montre que l'on atteint après une variation rapide un domaine de faibles variations dans lequel il suffira de se placer pour qu'une adjonction de magnésium devienne insensible sur l'absorption. Nous avons vérifié naturellement qu'en présence d'une même quantité de magnésium et à pH constant les concentrations variables d'acide chloranilique suivaient la loi de Beer-Lambert. De ces résultats obtenus uniquement à l'aide de mesures d'absorption lumineuse nous dégageons la méthode suivante :

Mode opératoire. — A. Eaux dans lesquelles $Mg/Ca < 1/2$.

A 40^{cm^3} d'une solution claire renfermant 0,8 à $2^{mg},2$ de Ca^{++} ayant un pH compris entre 4 et 5, on ajoute 20^{cm^3} d'une solution aqueuse à 0,1 % d'acide chloranilique. On laisse reposer 3 heures en agitant fréquemment. On ajuste alors avec de l'eau distillée à un volume tel que la transmittance de la solution soit aux environs de 30 % (maximum de précision). Sur les filtrats on fait les lectures à $535^{m\mu}$. On dressera en même temps une courbe d'étalonnage. Le pH 4,5 s'obtient aisément en ajoutant à un certain volume d'eau la quantité d'acide donnée par l'alcalinité à l'hélianthine.

B. Eaux dans lesquelles Mg/Ca est compris entre 1/2 et 5.

A 30^{cm^3} d'une eau claire, à pH compris entre 4 et 5, renfermant 0,8 à $2^{mg},2$ de calcium, on ajoute 28^{cm^3} d'acide chloranilique à 0,1 %. Après 3 heures on ajoute 12^{cm^3} de sulfate de magnésium à 5 % et à pH 2,75 à tous les essais (y compris les étalons). On filtre et on lit comme précédemment.

Les rares autres interférences rencontrées dans l'eau seront publiées ultérieurement.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude des variations des indices de valence libre d'un squelette hydrocarboné conjugué, dues à l'introduction d'un hétéroatome ou d'un substituant.* Note de M. **Pierre Yvan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la méthode des orbitales moléculaires ([1]), un groupe X quelconque (substituant ou hétéroatome) est caractérisé par son nombre d'électrons π et par son terme coulombien α_X. Nous nous proposons ici d'étudier comment un tel groupe perturbe les indices de valence libre du squelette hydrocarboné dans lequel il est introduit. Compte tenu des récentes précisions apportées par R. Daudel ([2]) aux notions d'hydrocarbure purement conjugué, d'hétéroatome et de substituant, nous considérerons les groupes X à un électron π comme

(1) *Voir* C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A 191, 1947, p. 40.
(2) Travail inédit.

hétéroatome d'une molécule, et les groupes X à deux électrons π, soit comme substituant d'une molécule, soit comme hétéroatome d'un radical libre.

Dans l'étude des groupes X à un électron π, nous avons envisagé l'action de l'azote hétéroatomique sur quelques chaînes linéaires ([3]) et cycliques ([4]), et celle d'un hétéroatome quelconque X sur le noyau benzénique, en fonction de son terme coulombien α_X pour diverses valeurs de l'intégrale d'échange β_{XC} entre l'hétéroatome et les carbones voisins ([5]). D'une manière générale, on constate un accroissement de la valence libre en positions ortho et para, par rapport à l'hétéroatome et une diminution, plus légère, en méta (en appelant, dans les chaînes linéaires, ortho ou para les positions séparées de l'hétéroatome par un nombre impair de liaisons, et méta celles qui en sont séparées par un nombre pair). On peut dire alors qu'un hétéroatome *quelconque*, qu'il soit plus ou moins électronégatif que le carbone (c'est-à-dire que son terme coulombien α_X soit positif ou négatif), oriente les réactions radicalaires principalement en ortho, légèrement en para, et jamais en méta (sauf pour quelques cas extrêmes et d'ailleurs plus théoriques que réels : très faibles valeurs de α_X et de β_{XC}, ou très faibles valeurs de α_X et grandes valeurs de β_{XC}).

Variation des indices de valence libre des sommets du benzène monohétéroatomique en fonction du terme coulombien α_X de l'hétéroatome par diverses valeurs de l'intégrale d'échange β_{XC}.

(α' représente le terme coulombien des carbones directement liés à l'hétéroatome).

		$\alpha_X = 0.$ $\alpha' = 0.$	$\alpha_X = \pm 1.$ $\alpha' = \pm 0,1.$	$\alpha_X = \pm 2.$ $\alpha' = \pm 0,2.$
$\beta_{XC} = 2$	Ortho	+ 3	+ 4	+ 6
	Méta	+ 3	+ 3	+ 2
	Para	— 5	— 4	— 3
$\beta_{XC} = 1$	Ortho	0	+ 3	+10
	Méta	0	0	— 1
	Para	0	+ 1	+ 5
$\beta_{XC} = \frac{1}{4}$	Ortho	— 3	+20	+35
	Méta	— 3	— 4	— 3
	Para	+10	+16	+20
$\beta_{XC} = \frac{1}{16}$	Ortho	— 3	+44	+48
	Méta	— 3	— 3	— 3
	Para	+16	+20	+22

Pour les groupes à deux électrons π, nous avons considéré l'action du radical H_2N— sur quelques chaînes linéaires ([3]) et celle d'un substituant quelconque X

([3]) R. Gouarné et P. Yvan, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1345.
([4]) H. C. Longuet-Higgins et C. A. Coulson, *Trans. Farad. Soc.*, 43, 1947, p. 87.
([5]) C. Sándorfy, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 16, 1949, p. 615 et Thèse, Paris, 1949.

sur le noyau benzénique en fonction de son terme coulombien α_X pour diverses valeurs de l'intégrale d'échange β_{XC} (5). Ici, une interprétation détaillée des résultats devient plus malaisée. Le fait de considérer le groupe X comme hétéroatome d'un radical libre ne semble pas apporter de simplification. Ce point de vue, théoriquement beaucoup plus satisfaisant, puisqu'il compare deux squelettes résonants identiques, se trouve d'ailleurs ici handicapé, puisque, dans la conception usuelle, la comparaison s'effectue avec le benzène pour lequel les indices de valence libre sont tous égaux. Cependant, on constate, comme précédemment, que la réactivité de la molécule vis-à-vis des réactifs radicalaires est toujours accrue en position ortho et para par rapport au sommet portant le substituant.

On peut donc généraliser l'énoncé précédent en disant qu'un groupe X *quelconque* (substituant ou hétéroatome, plus ou moins électronégatif que le carbone) accroît toujours la réactivité de la molécule vis-à-vis des réactifs radicalaires en positions ortho et para.

GÉOLOGIE. — *La série cristallophyllienne de la Grande Kabylie (Algérie).* Note (*) de M. **Jean Thiébaut**, présentée par M. Charles Jacob.

Le massif de Grande Kabylie est formé par uue série cristallophyllienne allant de schistes ordoviciens peu métamorphiques à un substratum de migmatites. Le front des migmatites s'est élevé jusque dans les micaschistes inférieurs. L'ensemble est traversé par des granites tardifs.

L'étude du socle de la Grande Kabylie montre l'existence d'une série métamorphique allant de schistes ordoviciens fossilifères aux migmatites. Cette série est accidentée de très nombreuses failles et surfaces de chevauchement (1), si bien qu'il est nécessaire pour l'étudier d'avoir recours à la juxtaposition de coupes partielles relevées en différentes région. On peut distinguer :

1. Les schistes et phyllades fossilifères.
2. Les micaschistes à mica blanc seul (micaschistes supérieurs).
3. Les micaschistes à deux micas (micaschistes inférieurs).
4. La zone de transition avec les migmatites.
5. Les migmatites œillées stratifiées (embréchites).
6. Les migmatites non stratifiées.
7. Un granite tardif, recoupant le tout.

1-2. A 4^{km} au Nord-Est de Tizi-Ouzou, près du confluent des Oueds Sebaou et Stita, on trouve des schistes très peu métamorphiques contenant une faune

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) J. Thiébaut, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1084.

du Llanvirn ([2]). Au-dessus viennent des niveaux d'arkoses sériciteuses. Vers la profondeur, ces schistes sont de plus en plus métamorphiques et passent progressivement au puissant ensemble des micaschistes supérieurs, affleurant largement dans la région.

3-4. Le passage de ces micaschistes supérieurs aux migmatites peut être suivi, sur 3^{km}, dans la cluse du Sebaou, à partir du pont de Bougie : les schistes sériciteux y font place à des schistes à muscovite, chargés d'amandes de quartz d'exsudation. Puis, au-dessous, la biotite apparaît, amenant la réalisation du faciès des micaschistes inférieurs, dans lequel les filons de quartz laiteux se chargent de muscovite et de tourmaline, puis de feldspath, pour former des masses de pegmatite.

Les affleurements de la vallée de l'Oued Ksari montrent un faciès plus profond encore : le micaschiste, très feldspathisé, tend à prendre une texture de cornéenne et il est parcouru par une multitude de filonnets et d'apophyses de pegmatite, d'aplite ou de granite leucocrate à deux micas. On voit apparaître en même temps des bancs de gneiss œillés, interstratifiés isolément dans les micaschistes et représentant les avant-coureurs des migmatites fondamentales.

5-6. Ces dernières constituent le cœur des montagnes de la Grande Kabylie. La route de Fort-National à Michelet les recoupe sur 15^{km}. Il s'agit de gneiss œillés stratifiés correspondant typiquement aux *embréchites* décrites dans d'autres régions. Les yeux feldspathiques, qui peuvent atteindre 3^{cm} de long sont ovoïdes et alignés dans le sens de la schistosité. Dans la partie haute de cette formation, on rencontre encore des septa de micaschistes et de nombreux amas et filons de pegmatite à tourmaline. Au contraire, vers les zones profondes, comme entre Aït Atelli et Aït Frah, les yeux des gneiss perdent leur disposition alignée, et les lits micacés s'estompent de telle sorte que le gneiss passe à une sorte de granite porphyroïde. Ce niveau est d'ailleurs exceptionnel en Grande Kabylie.

7. Enfin, au Sud de Camp du Maréchal et d'Haussonvillers, affleure un granite pauvre en quartz, formant un massif important au Nord-Ouest de la Grande Kabylie. Ce granite recoupe les gneiss et les micaschistes sans les modifier : il s'agit d'un granite tardif dont la mise en place est postérieure aux manifestations du métamorphisme général.

L'analyse de cette série a été faite en notant les effets croissants du métamorphisme sur les faciès pétrographiques silico-alumineux. Il convient de noter, pour ordre, le développement que peuvent prendre localement les faciès arénacés ou calcaires interstratifiés dans les formations micaschisteuses.

Dans l'ensemble, il faut souligner la grande analogie qui existe entre la série cristallophyllienne de Grande Kabylie, telle que nous venons de la décrire, et celle des Pyrénées.

([2]) A. Barbier, H. Termier et G. Termier, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1385.

GÉOLOGIE. — *L'âge des « grès d'Allevard » (massif de Belledonne, Isère).* Note (*) de M. **Paul Gidon**, transmise par M. Léon Moret.

L'auteur, par la découverte de fossiles, prouve que cette formation appartient au Permien. C'est la première fois qu'un fossile de cette époque est mis en évidence dans les Alpes françaises.

Les grès d'Allevard, bien connus depuis les travaux de Ch. et P. Lory, constituent une formation insolite qui, par son faciès, rappelle le Permien alpin. Cependant, discordante sur le Houiller, et recouverte en concordance par le Trias, notamment au Grand Collet, cette formation a pu être considérée comme un Trias de base. C'est là l'interprétation qu'en donne la feuille de Saint-Jean-de-Maurienne.

Cette assimilation au Trias ne semble destinée qu'à fournir une interprétation simple de la région. C'est ce qu'expriment d'ailleurs M. Gignoux et L. Moret dans leur *Géologie dauphinoise* : « Il est plus simple de décrire nos grès d'Allevard comme constituant dans un domaine étroit et localisé, l'extrême base du Trias ». Toutefois, pour ces mêmes auteurs, les arguments tirés des considérations de faciès l'emportent. Dans leur Note sur *Le Permien des zones externes des Alpes françaises* (1) on peut lire : « On aurait là, soit du Trias inférieur,... soit bien plutôt un Permien supérieur ».

Ces idées, quelque peu floues, fondées sur des arguments contradictoires, faisaient souhaiter la découverte de fossiles assez caractéristiques pour trancher cette question de chronologie. J'ai eu la chance de découvrir un tel fossile au *Grand Rocher*, au Nord du Col du Merdaret, où j'ai relevé sur le versant Est, à l'aplomb du sommet coté 1930, la coupe suivante :

Reposant sur des micaschistes, on rencontre de bas en haut,

		m
I.	Grès grossiers à grains de quartz. Ces grès roses prennent souvent l'aspect d'un conglomérat à cailloux de quartz et plus rarement de micaschistes, sans que ce faciès soit plus marqué à la base qu'au sommet............	40
II.	Grès ocres, à grains plus fins, mais encore grossiers........................	20
III.	Dolomie noire à patine capucin..	0,6
IV.	Grès gris ocracé..	3
V.	Dolomie noire à patine capucin..	1
VI.	Grès roussâtres...	2
VII.	Grès fins, gris noirâtres schistoïdes contenant vers le sommet une intercalation de $0^m,2$ de dolomie..	7
VIII.	Grès gris ocreux, assez fins...	6 à 8
IX.	Grès schistoïdes rouge violacé..	8
X.	Grès roses à gros grains...	6
XI.	Grès schistoïdes et schistes rouge violacé..............................	–

(*) Séance du 23 octobre 1950.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 853-856.

Le niveau XI constitue la base d'une énorme masse de sédiments identiques formant le versant Ouest du Grand Rocher.

La couche VII m'a fourni un unique fragment d'une Equisetinée appartenant au genre *Calamites*. Confié au spécialiste de la flore triasique qu'est J. Ricour, il s'est tout de suite avéré que ce *Calamites* était antérieur au Trias. La détermination spécifique due à M. Greber nous met en présence de *Calamites Cisti*, qui ne s'élève guère au-dessus du Permien inférieur. Ce résultat nous montre dans les grès d'Allevard une formation s'étendant sur à peu près tout le Permien.

Peut-être est-il possible, malgré le danger de fonder une chronologie sur des considérations de faciès, de préciser davantage :

La discordance Houiller-Grès d'Allevard semble bien traduire l'absence de l'Autunien. Par suite, les couches I et II avec leur faciès de terrains d'épendage désertique doivent représenter un Saxonien inférieur.

Les couches III à VII et leurs dolomies ne sont pas sans analogie avec le Zechstein et les dolomies du bassin de Villé. Elles traduisent un épisode lagunaire et moins sec que le précédent, d'où la présence d'Equisetales.

Les grès roses et schistes violacés (VIII à XI) franchement continentaux, marquent un changement de conditions météorologiques et paléogéographiques rappelant celui qui a présidé à l'apparition des formations salifères du Thuringien supérieur. Cependant la présence de *C. Cisti* oblige à laisser les couches dolomitiques dans le Saxonien et à faire des couches VIII et suivantes une base possible du Thuringien, peut-être complet en raison de la concordance du Trias.

Les grès d'Allevard apparaîtraient ainsi comme un Permien dépourvu d'Autunien par suite d'une discordance tectonique Allobrogienne, et dont les faciès montrent des variations des conditions de sédimentation semblables à celles du Permien Allemand, mais beaucoup plus précoces.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Radiogoniométrie des atmosphériques à bord du « Commandant Charcot ». Identification d'un foyer ouest-africain.* Note (*) de MM. **Robert Bureau** et **Michel Barre**, présentée par M. Pierre Lejay.

Au cours de sa seconde campagne vers la Terre Adélie, le *Commandant Charcot* a poursuivi l'étude des parasites atmosphériques entreprise l'an dernier. Un radiogoniomètre cathodique a permis de localiser ainsi un foyer d'Afrique occidentale présentant un certain caractère de permanence.

Au cours de la deuxième campagne du *Commandant Charcot* vers la Terre Adélie (octobre 1949 - juin 1950) (1), l'équipement radioélectrique de ce

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Pour la première campagne voir *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 525 et 626.

bâtiment a été complété par un radiogoniomètre cathodique fourni par le Laboratoire National de Radioélectricité, onde de 27,5 kc/sec (11000^m), enregistrement photographique toutes les deux heures, ou plus serré au besoin, pose 2 minutes par cliché suivant la méthode de Rivault et Haubert (²).

Voici un exemple relatif au foyer continental africain dont l'importance avait déjà été signalée dans des travaux antérieurs et remarquée au cours de la première campagne. La figure 1 montre un maximum d'après-midi assez tardif entaillé par une crevasse au coucher du Soleil (courbe enregistrée à Dakar du 2 au 3 octobre 1949). Cette courbe semble correspondre à un foyer en Afrique occidentale. Le radiogoniomètre cathodique confirme l'importance, à 16^h T. U., d'un foyer en Afrique occidentale. La figure 2*a* rassemble les indications fournies à 16^h T. U. par cet appareil les 27, 28 et 29 septembre, les 8, 9 et 10 octobre et les 14, 15 et 16 octobre 1949. Les figures 2*b* et 2*c* reproduisent à grande échelle les photographies des goniogrammes relatifs au 29 septembre et au 8 octobre 1949. Chacun de ces goniogrammes présente des groupes de directions qui correspondent à des sources d'après-midi et qui s'orientent toutes vers une région centrée approximativement sur Bamako et couvrant la Guinée, une partie de la Libéria et de la Côte d'Ivoire. Les autres goniogrammes des mêmes jours confirment que cet ensemble de foyers, apparaît entre 14^h T. U. et 16^h T. U. et se maintient encore à 18^h sensiblement dans les mêmes limites. On notera au passage que l'heure locale moyenne de cette zone peut se déduire de l'heure T. U. par soustraction de 40 minutes, ce qui donne au foyer une existence comprise entre 14^h et 18^h locales environ. La période orageuse d'une région continentale semble donc plus tardive qu'il ne l'avait été estimé dans les études précédentes.

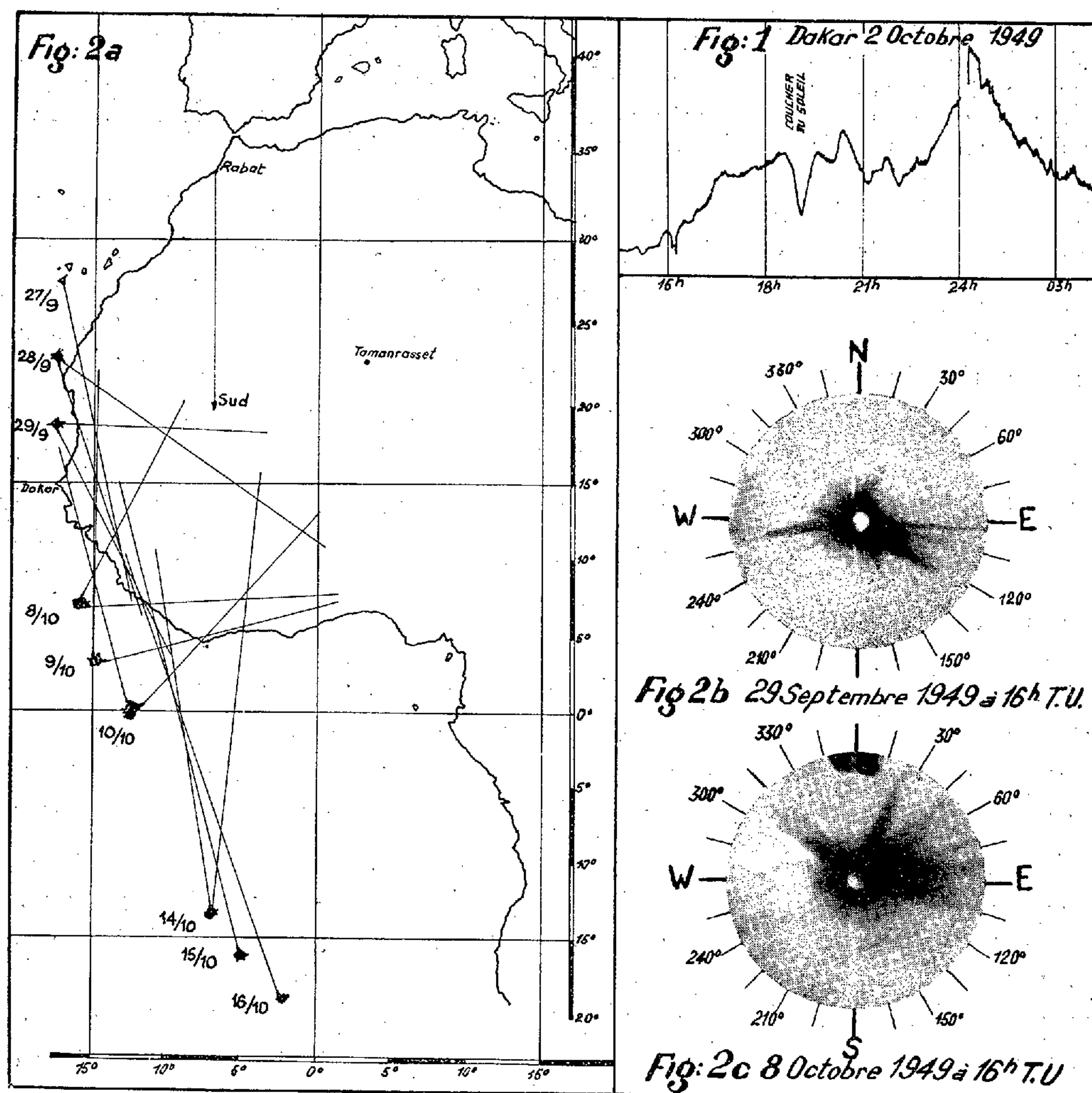
Il a paru intéressant de rechercher, dans les goniogrammes des autres stations, des relèvements de ce foyer. Le tableau ci-dessous donne pour 12^h, 14^h, 16^h et 18^h T. U., le nombre de fois où un foyer d'atmosphériques a été relevé dans un secteur donné, pendant le mois d'octobre 1949, à Rabat. La direction

	Rabat.					
	E.	E-S-E.	S-E.	S-SE.	S.	S-S-W.
12^h	–	–	17	10	1	–
14^h	–	–	15	16	1	–
16^h	–	–	3	20	22	4
18^h	–	–	–	–	24	10

la plus fréquente observée est le Sud. On constate de plus l'apparition rapide d'un foyer sud entre 15^h et 16^h T. U., ce qui est confirmé par les observations du *Commandant-Charcot*. L'examen des enregistrements de niveau moyen

(²) Notes préliminaires n°s 66 et 67 du Laboratoire National de Radioélectricité.

effectués à Tamanrasset au cours de l'année polaire ([3]), pendant le mois de septembre 1933, montre que le maximum d'après-midi se situe toujours à 16h T. U., ou même plus tard, ce qui est en accord avec les observations précédentes.



Cet ensemble d'observations confirme l'existence régulière, tout au moins en automne, du foyer continental A 3 signalé dès 1934 ([4]), ainsi que la grande portée de certains atmosphériques diurnes qui avait déjà été vérifiée lors de la première campagne ([1]).

([3]) R. Bureau et Failletaz, *Les atmosphériques pendant l'année polaire* 1932-1933.

([4]) R. Bureau, *Mémorial* n° 25 *de l'Office national météorologique*, p. 49 et 50.

OCÉANOGRAPHIE. — *Mécanisme de la submersion profonde des reliefs originellement subaériens.* Note (*) de MM. **Robert Fouet** et **André Cailleux**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les reliefs jadis subaériens, aujourd'hui immergés jusqu'à 2000^m, ne peuvent s'expliquer par l'hypothèse de Shepard (baisse du niveau marin lors des glaciations quaternaires), parce que la salinité corrélative de 67 à 114^g par litre est incompatible avec la vie de nombreuses espèces. Ainsi se confirme l'hypothèse de Bourcart : affaissement des fonds océaniques, avec flexure continentale.

Il résulte des très nombreux sondages et draguages des dix dernières années ([1]) que le fond de plusieurs océans porte des reliefs rocheux sous-marins, les *guyots*, culminant entre 800 et 2000^m au-dessous du niveau actuel de la mer, et dont l'aplanissement du sommet n'est explicable en plusieurs cas que par une érosion ayant agi au-dessus de la mer ou à son niveau; et d'autre part, le long des côtes les plus diverses, plateau et talus continental sont entaillés par des vallées sous-marines (canyons) descendant jusqu'à 1800 et 2000^m, parfois 2700^m ([2]) et dont la topographie (méandres, affluents), identique à celle des vallées subaériennes, et souvent dégagée aux dépens de roche dure, implique ablation par un courant, non pas lent et en nappe comme les courants de fond marin, mais bien rapide et linéaire, comme ceux des fleuves terrestres.

Pour expliquer que des formes, ainsi engendrées jadis à l'air libre, soient aujourd'hui immergées par 2000^m de fond, Bourcart ([1]) invoque la flexure continentale (ploiement du socle rocheux, à la limite continent-océan, l'océan s'affaissant). Shepard, au contraire ([3]), suppose que l'abaissement eustatique du niveau marin consécutif à l'emmagasinage d'eau, sous forme de glace d'eau douce, dans les inlandsis quaternaires, aurait largement dépassé les 100 à 150^m communément admis par les glaciologues et aurait atteint 1300^m; d'où, compte tenu de la réaction isostatique, les quelques 1800 à 2000^m observés.

Mais une erreur s'est glissée dans le calcul de la correction isostatique. Considérons en effet une cuvette océanique C, un continent glacié G et un continent non glacié N. Une hauteur d'eau H s'évaporant de C pour aller se condenser en G est compensée, en profondeur, par l'arrivée sous C d'une épaisseur x de matière lourde, venant de sous G; admettons que la densité d en est voisine de 3. L'équilibre isostatique s'écrit

$$1\,\mathrm{H} = 3x, \qquad \text{d'où} \qquad x = \mathrm{H} : 3.$$

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) *C. R. Som. Soc. Biogéog.*, n° 230, 1950, p. 2-13.

([2]) P. G. Worcester, *A text-book of geomorphology*, 2e édit., Toronto, 1948.

([3]) *Submarine geology*, New-York, 1949, 338 p.

Un observateur *posté sur un continent non glacié* N note alors un abaissement apparent h du niveau marin

$$h = H - x = 0,67 H, \quad \text{d'où} \quad H = 1,5 h.$$

L'érosion subaérienne s'exerce jusqu'à la profondeur h. Puis, lors de la déglaciation, eau et matière lourde profonde regagnent chacune leur emplacement originel, et les reliefs précédemment subaériens sont maintenant immergés jusqu'en h. On voit que la hauteur d'eau supposée évaporée H n'est pas égale à $0,67 h = 1300^m$ environ, comme Shepard l'avait admis par inadvertance, mais bien à $1,5 h = 3000^m$ environ.

Connaissant ([4]) le volume total des océans ($1330.10^6 km^3$) et les surfaces limitées par les différentes isobathes, d'après la carte internationale des Océans, il est aisé de calculer la salinité (en gramme par litre) qu'aurait l'eau marine restant après évaporation d'une tranche de H mètres

H(m).......	0	200	1000	1300	1830	2000	3000
S(g/l).......	35	37	46	51	63	67,5	114

Or, peu d'êtres vivants peuvent supporter de telles augmentations de salinité. Même quand celles-ci sont lentes et progressives, l'algue *Ulva latissima* meurt à $39^g,2$, les Poissons *Syngnathus* à 41; *Gobius* à 45,55; *Pleuronectes* (plies et carrelets) entre 44,5 et 46,3, *Spinachia* à 46,3, *Labrus* à 49; le Crustacé *Pagurus* à 42 ([5]). *Anguilla vulgaris* ([6]) et le Gastéropode *Haminea hydatis* adulte ([7]) meurent à 46, *Mytilus edulis* ([8]) à 52,5. Sur 16 espèces de Coraux des Hawaï vivant normalement dans des eaux à 32,8 ou 33, 13 meurent en 1 à 21 jours dans l'eau à 36; 14 en 1 à 22 jours dans l'eau à 41; toutes meurent en moins d'un jour dans l'eau à 49 ([9]). Dans l'hypothèse d'une régression, même réduite à 1000^m, les Coraux n'auraient pu trouver refuge contre la forte salinité corrélative (46^g) ni dans les eaux de fonte glaciaires, évidemment trop froides, ni dans les embouchures des grands fleuves, trop sales; ils auraient donc disparu. Une régression de 2000 à 3000^m, avec salinité corrélative de 67 à 114^g, aurait provoqué l'extermination de la grande majorité des espèces marines actuellement existantes.

Ainsi l'hypothèse de Shepard, déjà bien difficile à admettre pour les glaciologues, se heurte à des objections biologiques insurmontables. Pour expliquer l'actuelle submersion, par 1000 à 2000^m dans toutes les parties du monde, de

---

([4]) Cl. Francis-Boeuf, *Les Océans*, Coll. *Que sais-je*, 128 p., Paris, 1947.

([5]) P. Bert, *C. R. Soc. Biol.*, 37, 1885, p. 527.

([6]) M. Duval et P. Portier, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 324.

([7]) C. Scordia, *Boll. Soc. Biol. Sperim.*, 1, 1926, p. 749.

([8]) H. Bouxin, *Bull. Inst. Océanog.*, n° 569.

([9]) C. H. Edmonson, *Bernice P. Bishop Museum, Bull.*, 45, p. 1-64, 25 tabl., Honolulu, 1928.

reliefs jadis subaériens, on est ainsi conduit à imaginer un affaissement d'ensemble des fonds océaniques, peut-être consécutif, selon l'un de nous [10], à la surcharge due à la sédimentation, au cours des temps; les continents se soulevant, par réaction isostatique à l'érosion, la zone limite se serait trouvée ployée. On rejoint ainsi la notion de flexure continentale, jadis pressentie par J. Walther et Salisbury, puis méconnue, et récemment reprise avec vigueur, faits nouveaux à l'appui, par Jacques Bourcart [1].

LIMNOLOGIE. — *Étude limnologique d'un lac marocain, l'Aguelmane Azigza.* Note de M. **Jean-B. Panouse**, présentée par M. Louis Fage.

Par ses caractères physico-chimiques, l'Aguelmane Azigza, lac du Moyen Atlas marocain, se classe dans les lacs tropicaux. Sa biologie présente de grandes ressemblances avec celles de certains lacs oligotropes alpins. Il est malheureusement en régression très nette.

A ma connaissance, aucune étude scientifique approfondie n'a été faite jusqu'ici des lacs naturels de l'Afrique du Nord; les recherches de Gauthier sur les eaux douces d'Algérie sont purement biologiques. Pour le Maroc au moins, des travaux locaux ont été rédigés par le personnel de la Direction des Eaux et Forêts du Protectorat, mais la plupart d'entre eux n'ont pas été publiés : il s'agissait d'ailleurs de descriptions morphologiques plus que d'études de limnologie véritable.

La présente Note préliminaire concerne l'Aguelmane Azigza, magnifique lac du Moyen Atlas marocain situé en pays zaïan, à une trentaine de kilomètres de Khénifra. J'ai commencé son étude physico-chimique en novembre 1948 et depuis cette date, j'ai procédé, avec la collaboration de mes collègues de l'Institut scientifique chérifien et l'aide précieuse du Service des Eaux et Forêts, a des relevés périodiques, effectués en principe tous les trimestres.

L'Aguelmane Azigza repose, à 1700^{m} d'altitude, au fond d'une cuvette dont les bords, sur trois côtés, sont abrupts, parfois verticaux; son origine n'est pas très claire : peut-être s'agit-il d'une doline. Les dimensions du bassin sont à l'heure actuelle de 1600^{m} sur 650 environ. La profondeur maximum sondée est de 35^{m},8; étant donné la densité des points de sondage, il est peu probable que la plus grande profondeur dépasse beaucoup 36^{m}.

La température a été relevée au thermomètre à renversement pour les différentes profondeurs. Au-dessous de 20^{m} elle est pratiquement constante pendant toute l'année et voisine de 7-8°C. En surface, au contraire, les variations sont fortes : les extrêmes mesurés sont 8°,9 (mars 1949) et 23°,1 (août 1949).

---

(10) A. Cailleux, *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.*, Tagung, München, 1950.

On constate l'existence d'un thermocline très net pendant toute l'année, sauf à la fin de l'hiver. La couche de saut thermique se situe entre 10 et 16^m et en août 1949, la baisse de température dans cette zone atteignait près de 3° par mètre. En mars, au contraire, la température décroissait d'une manière régulière et très lente avec la profondeur : il n'y avait à cette époque que 2°,4 d'écart entre les températures à 0 et 27^m.

Ces caractéristiques permettent de considérer l'Aguelmane Azigza comme un lac tropical de second ordre dans la classification de Forel-Whipple puisque sa température de surface est toujours supérieure à 4°C, que celle du fond varie peu et qu'il existe une période de brassage des eaux en hiver.

Si l'on étudie la teneur de l'eau en oxygène, on constate qu'elle est le plus souvent égale à la saturation en surface. Par contre elle est toujours très faible dans les fonds malgré la basse température de ceux-ci. En août 1949, l'eau superficielle à 23°,1 contenait 5$^{cm^3}$,5 d'oxygène par litre et cette teneur montait même à 7$^{cm^3}$,3 à 10^m de profondeur (18°,3), mais elle n'était déjà plus que de 3$^{cm^3}$,4 à 17^m,50 et tombait à moins de 1$^{cm^3}$ à 25^m. Les taux d'oxygène dissous sont dans l'ensemble un peu supérieurs au printemps, un peu inférieurs en automne, surtout dans les fonds.

Par le type de sa végétation, limitée à une ceinture discontinue et peu large de plantes en grande partie submergées (algues et renoncules), par ses caractéristiques thermiques et ses teneurs en oxygène, l'Aguelmane Azigza se rapproche beaucoup des lacs oligotropes alpins d'Europe. Cependant il est beaucoup plus pauvre en oxygène dans les grands fonds et il faut attendre l'étude complète du matériel biologique qui a été récolté au cours de ces recherches pour pouvoir lui assigner un type défini. Disons tout de suite que la faune de Copépodes et d'Ostracodes ne semble pas différer essentiellement de ce qu'on connaît dans les lacs européens, ce qui montre une fois de plus l'ubiquité de beaucoup de formes dulcaquicoles. Peut-être l'étude des nombreuses larves d'Insectes recueillies dans les fonds et au voisinage immédiat des rives permettra-t-elle cependant de préciser les caractères de ce type de lacs.

Je dois enfin signaler le recul inquiétant du lac. Entre mes premières observations de novembre 1948 et celles d'octobre 1949, le niveau avait baissé de 1^m,30 environ ; il est maintenant encore plus bas. Comme l'Aguelmane Azigza n'a pas d'affluents (sauf des sources qui se tarissent les unes après les autres), il faut admettre que l'apport des pluies ou de la neige ne compense pas les pertes par évaporation ; peut-être aussi le fond du bassin n'est-il pas complètement étanche. En tous cas, si ces phénomènes se poursuivent avec leur rythme actuel, il faut envisager la disparition, ou au moins la réduction extrême, de ce beau lac du Maroc.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence du mode apotrope de dorsiventralité dans les rameaux végétatifs de l'Orme champêtre* (Ulmus campestris *L.*). Note (*) de M. **François Bugnon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans une Note antérieure (1) nous avons attiré l'attention sur le mode apotrope de dorsiventralité présenté par les sarments de la Vigne, ce mode d'organisation dorsiventrale ne paraissant pas avoir été reconnu jusque-là pour des rameaux végétatifs; un deuxième exemple, particulièrement net, en est fourni par l'Orme champêtre (*Ulmus campestris* L.); il est vraisemblable qu'on en trouvera nombre d'autres cas.

Chez l'Orme, comme chez la Vigne, les rameaux végétatifs ont une phyllotaxie alterne-distique et les plans phyllotaxiques des rameaux d'ordres successifs se croisent à peu près à angle droit, au moins à l'origine; ces rameaux présentent une dorsiventralité très accusée, dont on trouve décrits les caractères les plus évidents dans tous les Traités de Morphologie : c'est ainsi que, les deux stipules d'une feuille étant inégales, on voit toutes les petites stipules sur la même face d'un rameau donné, toutes les grandes s'insérant sur l'autre face; c'est ainsi encore que, le limbe des feuilles étant plié en long dans le bourgeon suivant sa nervure principale, de manière que ses deux moitiés s'appliquent l'une contre l'autre par leur face supérieure ou ventrale (préfoliation condupliquée) et que le pli croise plus ou moins obliquement le plan phyllotaxique du rameau, toutes les nervures principales ont leur dos tourné vers la même face du rameau (*fig.* 7, f_6 et f_7). Jusqu'ici, toutefois, il semble qu'on n'ait pas considéré la position des préfeuilles des bourgeons axillaires d'ordre N + 2 par rapport aux deux faces du rameau d'ordre N + 1; les figures jointes et la description détaillée qui leur correspond viennent combler cette lacune et permettre de fixer le mode de dorsiventralité des rameaux de l'Orme.

Figures 1 *à* 7. — Ces figures sont tirées d'une série de coupes transversales au microtome, après inclusion à la paraffine, dans un bourgeon axillaire d'*Ulmus campestris* L.; ce bourgeon, formé dans l'aisselle d'une feuille F_n portée par un rameau d'ordre N, manifestait un début de développement anticipé; on trouve facilement, en été, notamment sur les rejets vigoureux nés sur souches d'arbres coupés, des bourgeons anticipés à développement plus ou moins avancé en rameaux; le bourgeon étudié, d'ordre N + 1, avait une longueur totale de 8mm environ et comportait 14 jeunes feuilles; des bourgeons d'ordre N + 2, à divers stades de développement, étaient reconnaissables dans l'aisselle des dix premières feuilles. Les deux feuilles de la base du bourgeon N + 1 sont deux préfeuilles scarieuses typiques, désignées la première par α_1, la deuxième par β_1; elles restent insérées dans le fond de l'aisselle de F_n, à l'extrême base du rameau N + 1; les trois feuilles suivantes, e_3,

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2222.

e_4, e_5, sont encore des écailles, mais elles sont séparées par de courts entre-nœuds ; les feuilles pourvues de stipules, pétiole et limbe différenciés, commencent à partir de la sixième, f_6, f_7, f_8, ... La coupe de la figure 1 passe un peu au-dessus de l'insertion des deux préfeuilles et intéresse, outre celles-ci et leurs bourgeons axillaires, le rameau N et le pétiole de F_n; on n'a représenté, pour tous les bourgeons axillaires, que leurs deux préfeuilles, α_2 et β_2. Les coupes des figures 2 à 7 passent respectivement un peu au-dessus du nœud de chacune des feuilles successives, e_3 à f_8 et intéressent les bourgeons axillaires de ces feuilles ; sur les figures 5 et 7, la coupe passe en outre dans le nœud de la feuille immédiatement supérieure, f_7, f_9; sur les figures 5 à 7, on aperçoit la coupe des stipules des feuilles f_6 à f_8, la petite stipule d'une feuille étant désignée par *st*, la grande par ST ; sur les figures 6 et 7, on voit la coupe des limbes pliés des feuilles f_6 et f_7.

Sur toutes les figures, on reconnaît que les préfeuilles α_2 des bourgeons axillaires N + 2 sont du côté de la feuille axillante F_n, c'est-à-dire du côté ventral du rameau d'ordre N + 1, donc en position apotrope. Les petites stipules, le dos des nervures principales des jeunes limbes sont également du côté ventral du même rameau.

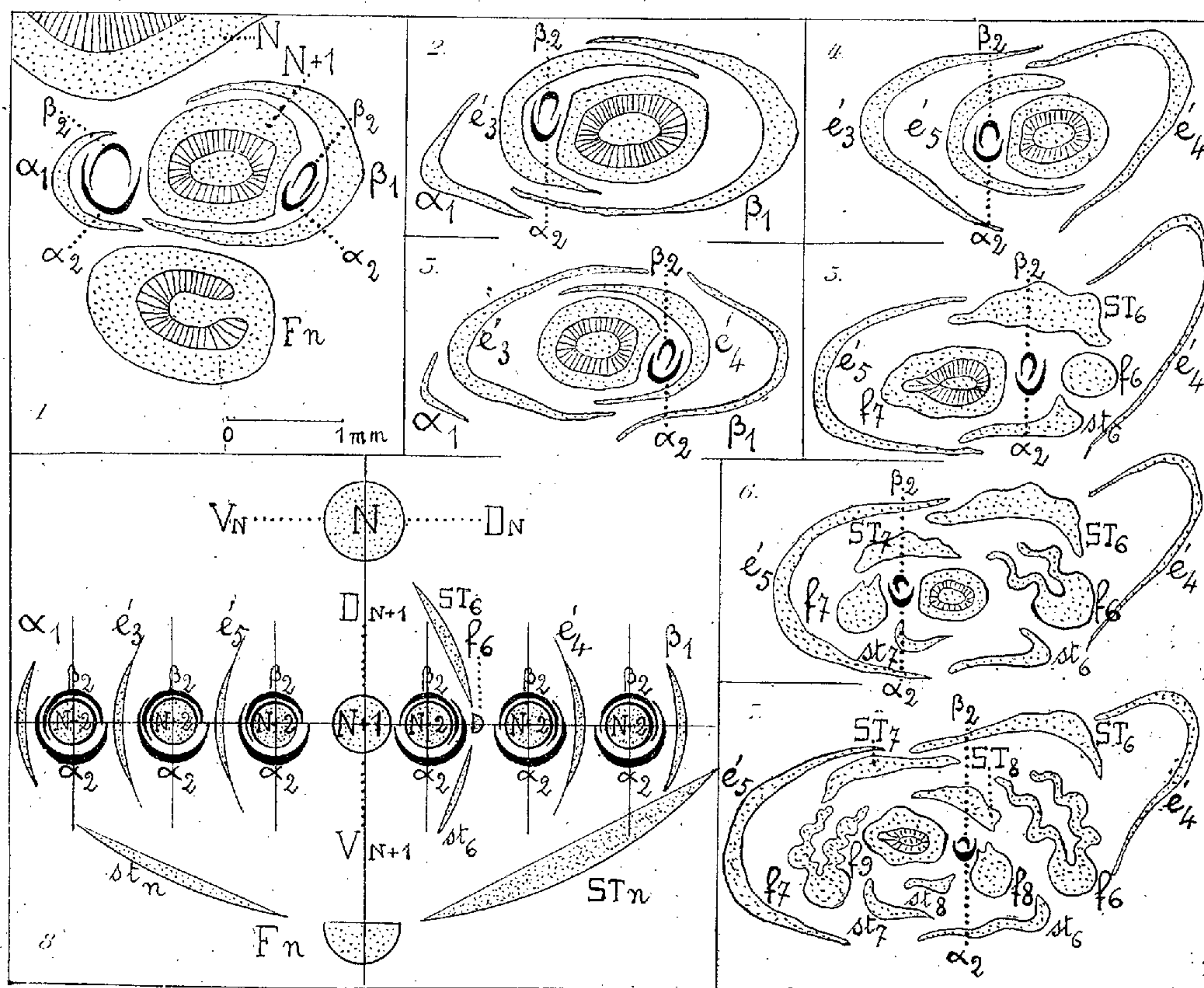


Figure 8. — Le diagramme de la figure 8 traduit cette disposition d'ensemble pour les six premières feuilles de N + 1 ; les faces dorsales et ventrales y sont désignées par D_N et V_N pour le rameau N, par D_{N+1} et V_{N+1} pour le rameau N + 1 ; les plans phyllotaxiques des rameaux d'ordres N, N + 1, N + 2 y sont représentés en trait plein.

Le mode apotrope de dorsiventralité reconnu d'abord dans les rameaux

végétatifs de la Vigne, se rencontre également dans ceux de l'Orme champêtre; nous l'avons observé en outre chez diverses Ampélidacées; il existe probablement chez les Ulmacées en général; il apparaît plus répandu qu'on ne le pensait.

BOTANIQUE. — *Sur un type particulier de noyau trouvé dans des* Hyménoptérocécidies. Note de M. **Raymond Garrigues**, présentée par M. Raoul Combes.

Le tissu nourricier des cécidies dues aux Cynipides *Andricus curvator* Hartig et *Neuroterus baccarum* L. sur *Quercus robur* L., renferme des noyaux fortement hypertrophiés dont la structure est particulièrement intéressante. La chromatine s'y répartit sous forme de bandes rectangulaires larges et longues, d'aspect réticulé, dont la forme et le nombre rappellent les chromosomes habituels. Ces noyaux que l'on peut qualifier de pseudo-télophasiques présentent un type nucléaire particulier.

Le tissu nourricier des galles de Cynipides montre, dans la ou les deux assises sous-jacentes à l'assise limitante de la cavité gallaire, particulièrement riches en cytoplasme, des noyaux intéressants. Ces noyaux sont volumineux par rapport au noyau normal et atteignent de cinq à sept fois les dimensions de celui-ci. Faiblement irréguliers de contour et parfois plaqués contre les vacuoles qui occupent une partie de la cellule, ils ont une membrane souvent difficile à mettre en évidence et un nucléole extrêmement gros. Dans la plupart des cas leur structure reste inchangée, identique à celle du noyau normal, réticulée par exemple. Comme aucune anomalie mitotique ne vient expliquer la formation de pareils noyaux, on est obligé d'admettre que l'augmentation de chromatine que l'on constate se produit directement, sans qu'il y ait en individualisation des éléments chromosomiques.

Cependant, comme nous l'avons indiqué dans une précédente Note ([1]), dans un petit nombre de ces cécidies de Cynipides, s'observent, pour ces noyaux, des changements structuraux. Pour préciser nous dirons que nous les avons rencontrés dans les deux galles suivantes : celle d'*Andricus curvator* Hartig et celle de *Neuroterus baccarum* L., toutes deux produites sur le même arbre : *Quercus robur* L.

La structure de ces deux galles est légèrement différente en ce qui concerne leur anatomie. La galle d'*Andricus curvator* Hartig présente en dedans d'un épiderme banal un cortex parenchymateux limité intérieurement par une gaine lignifiée; celle-ci se relie, par l'intermédiaire d'un petit nombre d'assises cellulaires pauvres en matière vivante, à une seconde gaine lignifiée entourant directement le tissu nourricier. La cécidie de *Neuroterus baccarum* L. ne montre

---

([1]) *Bull. de la Soc. Bot. Fr.*, 94, (n° 3-4), 1947, p. 115-116.

pas de gaines lignifiées et l'épiderme général enveloppe un cortex entièrement parenchymateux qui fait place progressivement au tissu nourricier reconnaissable par sa richesse en cytoplasme. Dans les deux cécidies les tissus nourriciers ont sensiblement les mêmes caractères et l'on retrouve dans chacun d'eux, en bordure de la cavité larvaire, le même type de noyau.

Dans ce noyau quiescent la chromatine présente une structure vraiment particulière. Elle se répartit sous forme de bandes larges, régulières, le plus souvent nettement isolées les unes des autres, quelquefois reliées aux bandes voisines par des filaments garnis de points rougeâtres (²). Les unes sont droites; les autres se terminent en crochet soit à un bout soit aux deux bouts; elles peuvent présenter encore des formes en V ou en U; enfin elles paraissent s'appliquer contre la paroi nucléaire ou traverser le noyau. Ces bandes rectangulaires sont elles-mêmes constituées par un réticulum fin, aux bords effrangés, qui semble constitué par trois ou quatre « lignes » de granulations reliées entre elles dans le sens longitudinal et transversal, ou encore par deux lignes épaisses de chromatine, anastomosées par des tractus obliques ou sinueux. La numération de ces formations si particulières à tant d'égards est difficile du fait de leur longueur qui entraîne leur repliement dans le noyau, en deux ou trois parties par exemple; les deux ou trois coupes successives qui, en général, se partagent la totalité du noyau, peuvent par suite contenir deux ou trois fragments du même élément. Les chiffres obtenus sont égaux ou voisins de 12, 24 et même 48, les noyaux à 48 bandes étant les plus rares. Ces chiffres correspondent au nombre n, $2n$, $4n$ de l'espèce : il est probable qu'il y a identité entre le nombre trouvé et le nombre haploïde, diploïde et tétraploïde de l'espèce.

Ces bandes par leur aspect rappellent les chromosomes télophasiques en voie d'alvéolisation, mais ici ces chromosomes seraient beaucoup plus larges que d'habitude et en outre beaucoup plus longs. Dans ces noyaux, que l'on peut qualifier de *pseudo-télophasiques*, il semble que l'on ait affaire à des éléments chromonématiques anastomosés et complètement déroulés, ce qui pourrait expliquer leur longueur inhabituelle. A la fin de la vie gallaire ces noyaux gardent en général leur structure, mais nous avons, dans quelques cas, observé un retour à la forme réticulée normale, d'ailleurs d'une manière plus ou moins parfaite.

Les autres noyaux du tissu nourricier montrent des aspects légérement différents. Les plus éloignés de la cavité gallaire sont d'un type voisin du noyau normal, quoique légèrement plus gros; puis, au fur et à mesure que l'on se rapproche de celle-ci, on voit se dégager dans le noyau quiescent, qui s'hypertrophie de plus en plus, des travées chromatiques; celles-ci s'épaississent

(²) Après fixation au Helly et coloration au Feulgen.

en même temps qu'elles prennent une allure réticulée, et l'on passe ainsi au noyau curieux décrit ci-dessus.

Ce type de noyau, pseudo-télophasique, non encore signalé, du moins à notre connaissance, est intéressant en tant que type nucléaire particulier.

BOTANIQUE. — *Filamentisation des cellules néoformées sur des fragments de tiges d'*Aucuba japonica *cultivés* in vitro. Note de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

Les fragments des tiges d'*Aucuba* en culture aseptique forment de volumineux cals. Ils sont constitués principalement par des cellules disposées en files fortement ramifiées au lieu d'être disséminées sans ordre. Il s'agit là d'une différence fondamentale qui sépare le mode de développement de la partie néoformée de cette plante de celui observé sur les tissus d'autres végétaux cultivés *in vitro*.

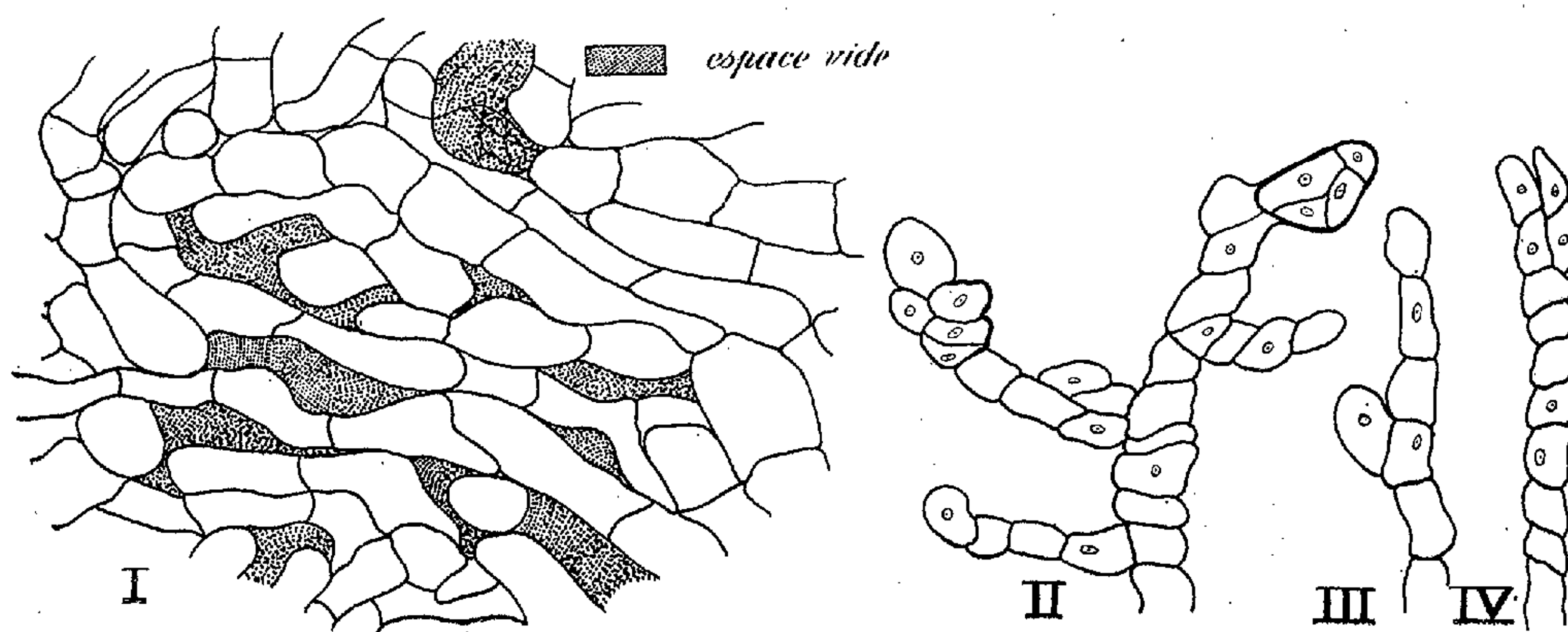
Il est démontré que certaines cellules disséminées à la surface des fragments d'organes végétaux cultivés *in vitro* (ou simplement gardés dans une atmosphère humide) donnent naissance à des files pluricellulaires ramifiées qui présentent des analogies avec les thalles de champignons et que Gautheret appela pour cette raison pseudothalles. On n'observe pas ces formations particulières dans tous les cas de tissus cultivés ni pendant tout le cycle du développement de la partie néoformée. Les pseudothalles ont donc un caractère éphémère et leur importance dans le développement des tissus néoformés est considéré comme négligeable.

J'ai signalé [1] que les cellules bien différenciées de la moelle d'*Aucuba*, cultivée seule, prolifèrent et donnent de longs arbuscules filamenteux. J'ai voulu voir par la suite si les autres tissus de la même plante présentaient également cette particularité, lorsqu'on les cultive isolément ou associés. Pour le moment je n'insisterai que sur la prolifération des fragments des tiges pourvues de tous leurs tissus, y compris l'épiderme.

La prolifération débute par celle des cellules cambiales et corticales pour gagner rapidement les cellules médullaires. Après deux mois environ, un cal volumineux coiffe la section libre. Incolore au début, il devient par la suite fortement chlorophyllien. Sa surface, lisse en apparence est, en réalité, couverte de minuscules pseudothalles, surtout au début et à la fin de sa formation. Dans la constitution de la partie néoformée, la participation du cambium peut être négligeable lorsqu'il se borne à donner une mince couche de bois et de liber, interposée entre les tissus homologues préexistants. L'examen de coupes relativement épaisses (de 20^{μ} et plus) montre un parenchyme homogène au sein duquel quelques cellules se lignifient et d'autres

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2173.

forment de petits nodules ligneux entourés ou non d'un tissu méristématique. Mais, dans d'autres cas, une couche de zone génératrice, donnant du bois intérieurement et du liber extérieurement, prend naissance à la limite de la section initiale, séparant ainsi le tissu néoformé, d'apparence parenchymateuse, du cylindre central préexistant. A première vue il semble donc que dans les grande lignes le développement du cal, emprunterait des modalités analogues à celles établies lors de la prolifération des fragments d'organes d'autres végétaux. L'examen plus attentif des coupes en séries très minces (5 à 10^{μ}) nous montre néanmoins que les cellules qui constituent les tissus compacts, d'apparence parenchymateuse, sont en réalité, disposées en file ramifiée (*fig.* 1). Mais la preuve décisive ne peut être donnée qu'après dissociation préalable d'un tissu néoformé par l'hypochlorite de soude, la potasse ou la soude caustique.



En s'arrêtant à temps, il est possible d'obtenir l'étalement du tissu dans une goutte de liquide entre lame et lamelle et de faire apparaître avec netteté la forme et la disposition des cellules (*fig.* II, III et IV). Les parois très minces et peu rigides des cellules disposées en file, n'offrent pas un sérieux obstacle à la progression des cellules environnantes. Quelques-unes d'entre elles peuvent se déplacer sans que la continuité de la disposition en file soit rompue, se déformer ou se laisser contourner par d'autres, parfois même s'élargir démesurément pour occuper des espaces laissés vides. La cellule terminale de chaque ramification peut se diviser en deux ou parfois en plusieurs cellules. Dans ce dernier cas les cellules filles restent longuement enfermées dans la paroi de la cellule mère; Gautheret a déjà observé ce mode de multiplication sur des cellules parenchymateuses d'autres tissus en culture. La croissance de ces cellules donne naissance à une ou plusieurs ramifications. Le même phénomène s'observe d'ailleurs dans le cas des cellules médianes. L'intense prolifération des cellules néoformées sur un fragment de tiges d'*Aucuba* engendre un enchevêtrement poussé des cellules filamenteuses conférant aux tissus néoformés une certaine compacité.

A la place du tissu parenchymateux observé sur la partie proliférée des tissus végétaux cultivés jusqu'à ce jour, on trouve donc chez les tissus d'*Aucuba*, un tissu compact dont les cellules sont disposées en files ramifiées.

Avec les données concernant les pseudothalles, la ressemblance morphologique entre les cellules proliférées d'une Phanérogame et la disposition des cellules des Thallophytes pourrait inciter à des réflexions fécondes les esprits que préoccupent particulièrement les problèmes de l'évolution.

ALGOLOGIE. — *Les cellules nageuses des Algues dans l'embranchement des Chlorophycées.* Note (*) de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Du point de vue morphologique, en ce qui concerne les cellules nageuses, on observe chez les Chlorophycées le même type primordial (type A) que chez les Chromophycées. Mais à partir de ce type, les cellules nageuses de quelques Chlorophycées seulement ont évolué dans le même sens que celles des Chromophycées. Chez l'immense majorité des espèces, l'évolution a été tout autre. Elle a abouti à un type tout à fait différent, de sorte qu'en ce qui concerne leurs cellules nageuses les embranchements des Chloro- et des Chromophycées sont en gros, non pas parallèles, mais divergents. Cela résulte de l'étude des quatre classes de Chlorophycées ([1]), qui peut se résumer ainsi :

a. Classe des *Zygophycinées* (ou Conjuguées) : pas encore (ou plus ?) de cellules nageuses, pas même les gamètes, car les zygotes résultent d'une cystogamie.

b. Classe des *Prasinophycinées* (ordre des Pyramidomonadales) : cellules nageuses semblables, d'abord à celles du type A des Chromophycées, avec symétrie axiale et fouets isokontes insérés au fond d'un *cratère vestibulaire*, ou *infundibulum*, creusé dans le pôle apical (*fig.* 1 ; g. *Pyramidomonas*, *Platymonas*, *Prasinocladus*, *Chlorodendron*, etc.), ensuite à celles du type B, le cratère étant égueulé en une *tranchée* longitudinale-ventrale, et la disposition des fouets devenant amphikonte (*fig.* 2 ; g. *Trichloris* de Pascher, avec deux fouets antérieurs et un postérieur, celui-ci plus puissant ; le g. *Dangeardinella* peut se rattacher à ce même type, par réduction du nombre des fouets à deux, l'un antérieur onduleux, l'autre postérieur plus raide, et oblitération du cratère et du fossé vestibulaires).

c. Classe des *Euchlorophycinées* (comprenant la plupart des Chlorophycées, des Ulotrichales aux Chlamydomonadales) : cellules nageuses du type, non plus *infundibulate*, comme chez les précédentes, mais *papillate*, la fosse vestibulaire

---

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) M. Chadefaud, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 788-790.

ayant disparu, pour faire place à une *papille* protoplasmique apicale plus ou moins distincte, chargée de porter les fouets. Cette papille est généralement petite. Elle peut être coiffée, comme chez nombre de *Chlamydomonas* et de *Carteria*, d'une papille membranaire, avec laquelle elle ne doit pas être confondue (*fig.* 7). Sur les zoospores des *Œdogonium* et *Derbesia*, elle s'est transformée en une large calotte aplatie, portant sur ses bords une couronne de fouets (*fig.* 6). En règle générale, les fouets dont elle est garnie sont isokontes et acronématés. L'évolution qui a conduit à sa formation, tout à fait

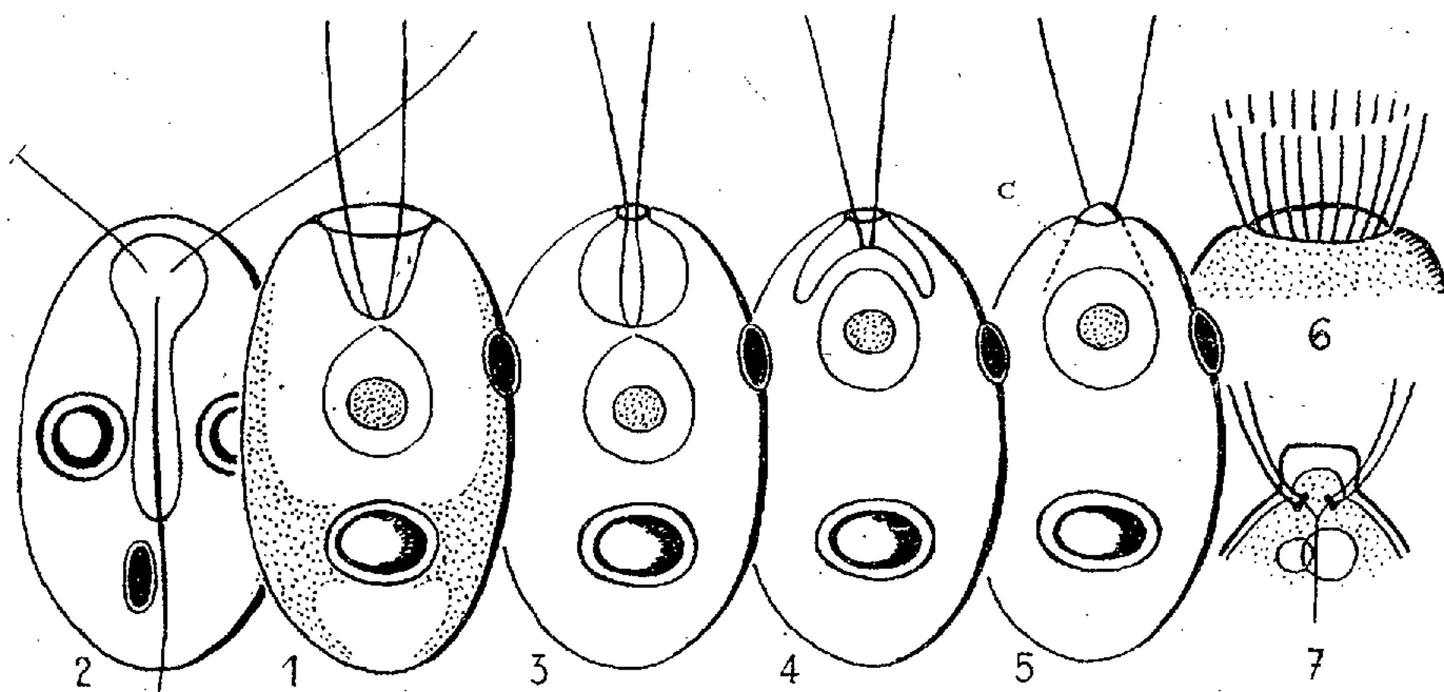


Fig. 1 à 7. — Cellules nageuses des Chlorophycées (schémas).

différente de celle qui se suit chez les diverses Chromophycées, est probablement celle que suggère l'étude des Prasinophycinées des g. *Prasinocladus* et *Chlorodendron*, chez lesquelles, à certains stades, on voit s'oblitérer le cratère vestibulaire ([2]). Elle doit donc pouvoir se résumer ainsi :

1° ce cratère s'est transformé, par rapprochement de ses bords, en une chambre globuleuse, ne communiquant plus avec l'extérieur que par un étroit pore apical (*fig.* 3);

2° ensuite, cette chambre est devenue virtuelle, puis a disparu, par soulèvement de son plancher, qui est venu s'appliquer contre le plafond, et s'unir à celui-ci (*fig.* 4 et 5);

3° la papille représente la partie centrale du plancher, porteuse des fouets, qui après ce soulèvement fait saillie par le pore de la chambre (*fig.* 5). Il n'est pas impossible qu'un vestige de celle-ci subsiste encore chez quelques espèces, comme *Stephanoptera gracilis*, chez qui, sur des individus tués par la solution iodo-iodurée, j'ai observé entre le noyau et la papille apicale une formation conique, entourée de corps qui sont peut-être (?) des dictyosomes ou des parabasaux, et disposée à peu près comme le cône *c* de la figure 5. Mais en général

([2]) M. Chadefaud, *La Revue scientifique*, 85, 1947, p. 862.

un tel reliquat n'existe plus; seules les vésicules pulsatiles marquent la place du cratère vestibulaire, dans lequel elles devaient ancestralement se déverser (*fig.* 7);

4° classe des *Charophycinées* (g. *Chara*, *Nitella*, etc.) : spermatozoïdes semblables à ceux des Bryophytes, et comparables aux cellules nageuses des Euchlorophycinées par l'absence de fosse vestibulaire reconnaissable.

Ainsi, chez le gros des Chlorophycées, les cellules nageuses, à partir d'une disposition primordiale analogue, ont évolué tout autrement que chez les Chromophycées. Cela justifie la distinction de ces deux embranchements, mais pose aussi un problème. En effet, une aptitude à évoluer comme les Chromophycées s'est révélée chez certaines Prasinophycinées (g. *Trichloris* et *Dangeardinella*). On en retrouve même des traces chez quelques Euchlorophycinées, comme les *Haematococcus*, dont les fouets sont pleuronématés, et les zoospores plus ou moins amphikontes ([3]). Dès lors, pourquoi sont-ce d'autres aptitudes qui se sont manifestées chez les autres espèces ? Autrement dit, quel facteur, sélectionnant d'un côté certaines potentialités, et de l'autre des potentialités opposées, a guidé l'évolution ?

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles remarques sur la composition du pollen chez quelques Renonculacées*. Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Une étude de quelques genres de Renonculacées (*Pæonia*, *Helleborus*, *Caltha*, *Anemone*, *Clematis*, *Thalictrum*, *Ranunculus*) montre, dans la composition des pollens, en ce qui concerne la teneur en acides nucléiques et la réaction de Dische d'une part, la présence d'amidon d'autre part, des différences nettes suivant les groupes; mais toutefois pour certains genres, une interférence de particularités analytiques nettement séparées ailleurs.

La diversité des formes rencontrées chez les Renonculacées, notamment en ce qui concerne les types floraux, nous avait suggéré l'idée de chercher dans les arguments biochimiques quelques raisons supplémentaires pour confirmer ou discuter la position systématique des diverses tribus proposées par les botanistes ([1]).

A ce moment, nous avions constaté que, si l'on classe les pollens suivant leur teneur en substances azotées et, particulièrement, en protides, on dégageait une concordance réelle avec la classification botanique. Les données analytiques d'ordre différent présentées ici, peuvent à leur tour, préciser quelques arguments systématiques.

([3]) V. Benesova, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1519 et 1883.

([1]) *Comptes rendus*, **205**, 1937, p. 336; **208**, 1939, p. 536.

Nous avons étudié, à côté de la teneur du pollen en acides nucléiques, la réaction de Dische considérée comme caractéristique de l'acide désoxyribose nucléique, puis la présence d'amidon. Nous avons également effectué le dosage approximatif des membranes pour chaque sorte de pollen.

Nous avons opéré sur des quantités voisines de $0^g,4$ de pollen, contenant 9,5 % d'eau environ :

1° Le dosage des acides nucléiques a été effectué après épuisement du matériel à l'alcool, l'acétone et l'éther; sur la fraction soluble à chaud dans l'acide trichloracétique à 5 % suivant Schneider, dosage après hydrolyse des bases puriques suivant Vendrely et Sarciron;

2° Sur cette même fraction trichloracétique, j'ai pratiqué la réaction de Dische à la diphénylamine, caractérisant la présence du désoxyribose;

3° La présence d'amidon a été révélée par le réactif iodo-ioduré, après traitement du matériel délipidé par l'eau bouillante. (Le traitement direct du pollen sec par le même réactif sous le microscope ne donne pas toujours des résultats très nets);

4° Après extraction des lipides, glucides solubles, protides, ces derniers par KOH à 5 % à chaud, lavage à l'eau et à HCl à 1 %, lavage à l'eau et déshydratation par l'alcool-éther, dessiccation à 100°, le résidu est pesé; nous le considérons comme constitué principalement par les membranes (sporopollenine + cellulose + ...).

Les résultats rapportés à 100^g sec sont les suivants par groupes :

A. *Pœonia*. — Ce groupe, difficile à classer, que certains botanistes considèrent comme très primitif, nous a donné une teneur relativement élevée en acides nucléiques (2,4 %) et moins toutefois qu'*Helleborus fœtidus*. La réaction de Dische est très nette. L'amidon ne se trouve jamais en grande quantité (réaction bleu clair à l'iode ioduré). La teneur en résidu membranaire varie de 5,8 % chez les Pivoines ligneuses à 9,2 % chez *Pœonia officinalis*.

Helleborus fœtidus et *Caltha palustris* présentent également une réaction de Dische très nette. Chez ce dernier, la teneur en acides nucléiques est plus faible (1,8 %), la teneur en résidu membranaire plus élevée (11,8 %). La réaction de l'amidon (verdâtre) ne révèle pas une quantité dosable de cette substance.

B. *Anemone*. — Chez *A. nemorosa* la teneur en acides nucléiques est voisine de celle de *Caltha palustris*, la réaction de Dische est moins intense mais encore nette; chez *A. hortensis* où nous avons 1,3 % d'acides nucléiques, cette dernière réaction est très faible. L'amidon se trouve en quantité notable (bleu foncé).

Chez *Clematis recta*, la réaction de Dische est très faible, celle de l'amidon est presque nulle.

C. *Thalictrum*, *Ranunculus*. — Ces genres ont des points communs. Teneur en acides nucléiques aux environs de 1,3 % pour le premier et de 0,9 % pour le second; la réaction de Dische est douteuse. La réaction de l'amidon très

intense. Teneur élevée en résidu membranaire, plus de 11 % pour *Thalictrum chelidonii* et 7,8 % pour *Ranunculus anemonefolius*.

Cette discrimination n'est pas sans rapports étroits avec la séparation en tribus des Renonculacées (notamment pour la réaction de Dische et celle de l'amidon).

Les genres *Helleborus*, *Pœonia*, *Caltha* s'opposent nettement aux genres *Thalictrum*, *Ranunculus*. Toutefois, les Anémones marquent un état d'équilibre qui réunit à un degré plus faible les particularités opposées des genres précédemment indiqués; cette position des Anémones ne nous avait pas échappé par l'examen précèdent ([1]) de la teneur en protides des pollens. Ce fait et quelques autres, qui seront exposés ailleurs, nous invitent à considérer la classification des Renonculacées non seulement à l'aide des caractères jusqu'ici adoptés, mais en plus, à l'aide de ceux qui interfèrent dans les genres critiques tel *Anemone*. Cette notion d'interférence de caractères, suggérée par l'analyse chimique, nous paraît aussi justifiée au point de vue morphologique pour rendre compte de l'ensemble des faits observés dans la famille des Renonculacées.

PÉDOLOGIE. — *Caractères morphologiques de la dégradation de la structure des sols de la région de Dunkerque; sols inondés à l'eau de mer.* Note (*) de M. **Georges Deloffre**, présentée par M. Raoul Combes.

Ces sols devenus sodiques présentent un contraste frappant d'aspect et de comportement avec les sols normaux non inondés : teinte blanchâtre, présence de nids de sable dans la couche de sol travaillée, durcissement superficiel rapide et formation d'une croûte par temps sec, aspect glacé et perméabilité très faible par temps humide.

Après l'inondation à l'eau de mer, en 1944-1945, d'environ 18000^{ha} de terres de la Flandre maritime française, les cultures ont peu souffert de l'action toxique des chlorures ([1]). Les dommages ont été dus essentiellement aux conséquences de la dégradation de la structure des sols.

Les caractères morphologiques de cette dégradation ont été particulièrement nets dans les terres argileuses partiellement inondées, situées à la limite de l'inondation. Nous y avons observé, depuis 1944, un contraste frappant d'aspect et de comportement entre les parties inondées et les parties non inondées.

Après la récolte, sur les sols non travaillés :

1° l'eau des pluies stagne en surface, forme de grandes flaques dans les moindres dépressions et le ressuyage est très lent;

(*) Séance du 16 octobre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 255-257; **222**, 1946, p. 667-669; *Rev. Bot. Appl. et Agron. Tropic.*, vol. **27**, 1947, n° 291-292.

2° le sol est plus plastique par temps humide, plus dur par temps sec, et toujours moins élastique qu'en zone non inondée;

3° l'effort à fournir pour prélever une tranche de sol à la bêche est nettement plus grand dans la partie inondée;

4° si on laisse tomber cette tranche sur le sol d'une hauteur d'environ 1^m (essai de chute), elle ne se fragmente pas en petites mottes comme pour un sol non inondé, mais se déforme et s'aplatit;

5° si l'on ouvre une petite tranchée et qu'on effectue sur la paroi verticale avec une griffe de jardinier un essai de grattage, ou un essai de percussion avec le dos de la griffe :

en zone non inondée le grattage émiette le sol en petites mottes; à la percussion le sol rend un son clair, la griffe vibre;

en zone inondée la griffe trace des sillons dans le sol plastique et ne détache aucune motte; à la percussion le sol rend un son mat, la griffe ne vibre pas.

Au cours du travail, le sol ne s'émiette pas comme en zone non inondée, mais donne de très grosses mottes plastiques qui restent entières.

Par temps sec, ces mottes prennent une couleur blanchâtre due en partie à la dessiccation rapide de la couche superficielle qui forme une croûte dure, tandis que l'intérieur des mottes reste humide et plastique. Puis les mottes entières durcissent et forment de gros blocs qu'il est impossible d'émietter et même de briser à la main.

Par temps pluvieux, la couche superficielle prend un aspect glacé et devient semi-fluide. La plus grande partie de l'eau de pluie ne pénètre pas, elle ruisselle sur les flancs des mottes, provoque une dispersion des particules d'argile, de limon et de sable, et entraîne ces particules dans les creux des mottes; elles s'y déposent avec classement par ordre de grandeur, en couches parallèles de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, composées alternativement d'éléments sableux plus grossiers qui se sont déposés les premiers et d'éléments plus fins limon et argile qui se sont sédimentés ensuite.

Après la pluie, les grains de sable décapés et blanchis qui n'ont pas été entraînés par ruissellement, contribuent, avec l'accroissement de la vitesse de dessiccation de la couche superficielle, à donner à la surface du sol en zone inondée une teinte blanchâtre caractéristique que nous avons signalée plus haut.

Nous avons constaté également une formation plus rapide et plus intense de crevasses par dessèchement sur les sols inondés.

L'été à la suite d'une pluie violente sur un sol crevassé, nous avons observé un entraînement lointain des particules argileuses dispersées qui troublent l'eau d'écoulement des drains et se déposent dans les fossés, et un entraînement plus limité, dans les crevasses et les fissures des particules sableuses décapées qui forment ensuite dans le sol, aux anciens emplacements des crevasses, des nids de sable témoins d'aspect caractéristique. La présence de ces nids de sable

est, en général, limitée à l'épaisseur de la couche de sol travaillée, et permet de contrôler la profondeur du travail.

La comparaison d'observations fréquentes sur le terrain de tous ces symptômes : aspect glacé, imperméabilisation, dispersion du sable et de l'argile, plasticité, émiettement à la main, résistance au travail, présence de nids de sable, formation d'une croûte, résistance à l'écrasement, taille des mottes, envasement rapide des fossés, nous ont permis de suivre la dégradation et la régénération de la structure des sols inondés.

ENDOCRINOLOGIE. — *De l'action bactériostatique* in vitro *de certains dérivés de l'acide allénolique*. Note (*) de MM. **Louis Chedid** et **Fernand Boyer**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous n'avons pu mettre en évidence une protection hormonale de l'acide diméthyl-éthyl allénolique ou du stilbœstrol vis-à-vis d'une infection expérimentale de la Souris avec le streptocoque. Cependant, certains dérivés de l'acide allénolique sont doués d'un notable pouvoir bactériostatique *in vitro*. Cette propriété qui ne semble pas liée à l'activité œstrogène, est inhibée ou fortement diminuée par l'adjonction de sérum de Cheval au milieu de culture. L'action bactériostatique ne se manifeste pas *in vivo* aux doses utilisées.

Différents auteurs ont pensé que les œstrogènes auraient une action protectrice vis-à-vis de certaines infections, soit en augmentant le taux d'anticorps (von Haam, 1942), soit par un mécanisme à relais surrénalien. Plus particulièrement Aycock et Folley [1] en (1944) ont trouvé que le stilbœstrol injecté à des souris les protège vis-à-vis d'une infection expérimentale à streptocoques hémolytiques. Ils utilisent, pour cela, des souches faiblement virulentes du groupe D (Lancefield) et infectent leurs animaux au moyen de 2 doses mortelles administrées par voie intra-péritonéale.

Nous avons essayé de reproduire cette expérience au moyen de l'éther méthylique de l'acide diméthyl-éthyl allénolique [2] (II), œstrogène artificiel très actif synthétisé par Horeau et Jacques.

Nous avons utilisé le streptocoque pyogène Digonnet 7, qui injecté par voie I-P., tue la Souris en 24 heures à la dose d'un milliardième de centimètre cube. Nos animaux ont été infectés avec des dilutions variées de germe : certains lots de souris ont reçu 5000 doses mortelles (dose habituellement utilisée en chimie thérapeutique), d'autres 50 doses et les dernières 5 doses mortelles seulement. L'acide diméthyl-éthyl allénolique est injecté 48 heures au préalable,

(*) Séance du 16 octobre 1950.

[1] *Endocrinology*, 1944.

[2] Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1401.

aux doses de 5 γ ou de 500 γ, suivant les lots. En plus des témoins non traités, nous avons utilisé des lots de 10 souris recevant, 24 heures, avant l'infection, 5 γ de stilbœstrol. Toutes ces hormones ont été injectées par voie sous-cutanée.

			Activité bactériostatique (doses inhibitrices en γ)					
Produits essayés		Activité œstrogène (1)	Streptococcus (2) pyogène Digonnet 7 en peptone glucosée		Proteus X-19 en milieu synthétique		Klebsiella Pneumoniæ Caroli en peptone glucosée	Salmonella typhi Ty-2
			sans sérum	avec sérum (3)	sans sérum	avec sérum	sans sérum	sans sérum
I	Acide diméthyl-éthyl-Allénolique — Phénol: OH, $-CH(C^2H^5)-C(CH^3)^2-CO^2H$	1 γ 5	40 γ	400 γ	700 γ	>1000 γ	Inactif	Inactif
II	Acide diméthyl-éthyl-Allénolique — Méthoxyle: OCH^3, $-CH(C^2H^5)-C(CH^3)^2-CO^2H$	2 γ	200 γ	400 γ	300 γ	600 γ	"	"
III	OCH^3, $-CH(CH^3)-C(CH^3)^2-CO^2H$	10 γ	300 γ	700 γ	600 γ	800 γ	"	"
IV	$-CH(C^2H^5)-C(CH^3)^2-CO^2H$	10 γ	100 γ	300 γ	300 γ	400 γ	"	"
V	OCH^3, $-C(=CH-CH^3)-C(CH^3)^2-CO^2H$	25-50 γ	300 γ	>1000 γ	300 γ	>1000 γ	"	"
VI	$-CH(CH^3)-C(CH^3)^2-CO^2H$	100 γ	500 γ	700 γ	400 γ	>800 γ	"	"
VII	OCH^3, $-CH(C^2H^5)-CH(CH^3)-CO^2H$	isomère α actif à 100 γ; isomère β actif à 800 γ	300 γ	800 γ			"	"
VIII	$-CH(C^2H^5)-C(CH^3)^2-CO^2H$	inactif à 1000 γ	40 γ	300 γ	400 γ	500 γ	"	"
IX	OCH^3, $-CH^2-CH^2-CO^2H$	inactif à 1000 γ	>1000 γ	>1000 γ	500 γ	800 γ	"	"

1. Activité œstrogène obtenue par le test d'Allen et Doisy chez la Rate castrée
2. Streptocoque : tous les germes ont été ensemencés à la dilution finale de 10^{-4}
3. Sérum de cheval à la dose de 0cc25 par tube de 5 cc de milieu

En aucun cas nous n'avons pu obtenir de protection vis-à-vis d'une infection à streptocoques hémolytiques tant avec l'acide diméthyl-éthyl allénolique qu'avec le stilbœstrol.

Par ailleurs, *in vitro* une activité bactériostatique très marquée du diéthyl stilbœstrol et de certains corps apparentés, a été décrite par différents

auteurs ([3]), ([4]), ([5]), parmi lesquels Faulkner ([6]) (1943). Ce dernier a noté, cependant, que les œstrogènes naturels étaient dépourvus de ce pouvoir.

Dans le cas de l'acide allénolique et de certains de ses dérivés ([7]), ([8]), nous avons trouvé que cette série de composés possède une activité antibactérienne notable. Nos résultats sont consignés dans le tableau ci-dessus.

On peut voir que dans cette série, l'action bactériostatique marquée ne semble pas liée à l'activité hormonale, et qu'elle est inhibée ou fortement diminuée par l'adjonction de $0^{cm^3},25$ de sérum. Nous continuons actuellement à étudier cette action des dérivés de l'acide allénolique.

Nous avons cherché enfin à protéger des souris vis-à-vis du streptocoque, non plus par mécanisme hormonal, mais en injectant l'œstrogène deux fois par jour *dès le début de l'infection*. La sévérité de l'infection varie selon les lots (5000, 50 ou 5 doses mortelles).

Même à la forte dose de 1^{mg} par jour, l'éther méthylique de l'acide diméthyl éthyl allénolique n'exerce aucune protection vis-à-vis de l'action léthale du Digonnet 7.

ENTOMOLOGIE. — *Développement de la Mouche des fruits* (Ceratitis capitata *Wied.*) *en milieu nutritif synthétique*. Note (*) de MM. **Pierre Grison**, **Michel Feron** et **Kyriacos Sacantanis**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude du développement des larves de Diptères en milieu synthétique a été poursuivie essentiellement chez les espèces saprophages depuis les recherches de Guyénot ([1]). Mais peu de travaux de cette nature ont été réalisés sur une espèce phytophage et par exemple sur une espèce aussi répandue que la Mouche des fruits : Marlowe ([2]) utilisait un mélange comprenant du miel, du jus de papaye pressé et du sucre brun dans une solution de gélose; Hanna ([3]) étudia les relations de certains facteurs alimentaires avec la fécondité.

Nous nous sommes proposé de déterminer un milieu entièrement synthétique, et de rechercher systématiquement le rôle de chacun des constituants d'un tel milieu susceptible de permettre une croissance larvaire comparable

([3]) Rubin et Wishinsky, *Am. Ch. Soc*, 66, 1944, p. 1948.
([4]) Velasquez, Valenzuale et Aguilar, *Farmacoth. Actual.*, Madrid, 3, 1946, p. 247.
([5]) D. Marinopoulos, *Inst. Pasteur, Thèse de Sciences*, Paris, 1947.
([6]) Lancet, 1, 1943, p. 38.
([7]) Horeau, Jacques et S. Julia, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1278.
([8]) S. Julia, Jacques et Horeau, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 660.

(*) Séance du 30 octobre 1950.
([1]) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 51, 1917, p. 1.
([2]) *Journ. Écol. Entom.*, 27, n° 5, 1934, p. 1100.
([3]) *Bull. Soc. Fouad Ier d'Ent.*, 13, 1947, p. 251.

à celle qui a lieu dans un fruit et d'assurer une descendance imaginale normalement constituée et féconde.

En partant d'un milieu établi empiriquement selon les données de l'analyse des fruits à pépins, poire et pomme, parvenant à maturité, nous avons pu préciser certains de ces caractères et enregistrer des résultats satisfaisants dans l'évolution de l'Insecte.

La première condition à laquelle doit satisfaire le milieu est l'acidité. Des essais réalisés avec des milieux à pH différents ont montré qu'aux pH 6 et 7 les larves écloses survivaient au maximum 9 jours; à pH 5 la survie n'est guère meilleure et atteint 11 jours; à pH 4 une certaine proportion de larves achèvent leur développement atteignant la pupaison puis le stade imaginal. Enfin à pH 3 le développement est encore meilleur et plus rapide : à la température de 25-27°C l'évolution la plus courte de l'œuf à l'adulte est de 21 jours, tandis qu'elle était de 22 jours pour un élevage contrôle dans une poire. Les œufs placés dans des milieux de pH alcalin n'ont pas éclos.

L'acidité du milieu était due à la présence d'acide malique et était tamponnée par un mélange de sels minéraux comprenant : phosphates de potassium et de calcium, chlorure de potassium, sulfate de magnésium, carbonate de calcium et traces de chlorure ferrique. L'acide malique paraît jouer un rôle spécifique car, en le remplaçant par l'acide citrique, le développement larvaire est beaucoup moins satisfaisant : la durée de celui-ci est de 10 jours en milieu malique et de 18 jours en milieu citrique; une confirmation de ce résultat a été obtenue dans l'expérience suivante : des larves chétives, prélevées dans un milieu citrique et transportées en milieu malique, ont repris leur évolution normale jusqu'à la pupaison.

Outre l'acide malique et les sels, la solution de gélose, dans laquelle croissent les larves, contient des sucres, de la caséine, de l'extrait de levure de bière et une faible quantité de nipagine (paraoxybenzoate de propyle sodé) selon la technique utilisée par Lafon ([4]) pour éviter ou retarder le développement des microorganismes. La concentration du milieu en gélose n'a pas d'importance entre les limites de 1 à 4 % : ce sont des considérations d'ordre technique pour le repiquage des œufs ou des larves qui interviennent.

Dans ces conditions nous avons conduit des élevages jusqu'au stade imaginal avec une faible mortalité et avec une durée d'évolution comparable à celle qui est considérée comme optimum aux îles Hawaï (18 à 20 jours à 26°C), ambiance de prédilection de la Mouche des fruits. D'autre part nous avons suivi le comportement des imagos et surtout la fécondité des femelles issues de ces élevages, qui nous ont paru être tout à fait normaux.

([4]) *Thèse*, Paris, 1949.

La mise au point d'un milieu nutritif synthétique qui permette l'évolution complète du Diptère phytophage *Ceratitis capitata* Wied., facilitera également les recherches physiologiques poursuivies sur cette espèce.

BIOCHIMIE. — *Sur la teneur en acide ribonucléique des cellules de l'os.* Note (*) de M. **Jean Clavert**, présentée par M. Robert Courrier.

L'ostéoblaste en activité renferme d'importantes quantités d'acide ribonucléique. Il existe un parallélisme étroit entre la teneur en acide ribonucléique du cytoplasme de cette cellule et l'intensité des phénomènes ostéogénétiques. L'ostéoblaste paraît jouer un rôle important dans la formation de la substance osseuse, en particulier dans l'élaboration de la matrice protéique.

Les hormones gynogènes injectées aux Oiseaux déterminent une ostéogénèse considérable, comparable à celle qui s'observe spontanément chez les femelles en ponte. Utilisant cette technique, nous nous sommes proposé ici de mettre en évidence la présence d'acide ribonucléique au niveau des ostéoblastes et d'étudier ensuite les variations de ce constituant de la cellule osseuse au cours des processus ostéogénétiques.

Cette étude fut effectuée au niveau de fémurs et de tibias de Canards, où fut injecté 1^{mg} de dipropionate d'œstradiol par jour pendant 8 à 10 jours. Les pièces osseuses furent fixées au liquide de Carnoy, décalcifiées par l'acide trichloracétique à 5 % pendant une semaine environ et colorées par le bleu de toluidine à 1 %, soit directement, soit après traitement des préparations par la ribonucléase. (Technique de J. Brachet pour caractériser de l'acide ribonucléique.)

Si l'on étudie les ostéoblastes qui entourent une travée osseuse en formation, on constate que ces cellules se colorent avec intensité par le bleu de toluidine et que cette affinité pour ce colorant disparaît après traitement préalable de la coupe par la ribonucléase. *L'ostéoblaste renferme donc une importante quantité d'acide ribonucléique.* Ce constituant forme de nombreux filaments ou de petites mottes plus ou moins régulièrement réparties dans tout le cytoplasme de l'ostéoblaste, sauf toutefois dans une région juxtanucléaire correspondant vraisemblablement à la région golgienne. Le noyau de la cellule est turgescent et contient plusieurs nucléoles mixtes nets ou un seul nucléole volumineux.

Les ostéoblastes au repos se présentent comme de petites cellules d'aspect endothéliforme à noyau petit et dense. Ils sont plaqués contre les travées osseuses. Sous l'action de la folliculine, ces cellules s'hypertrophient. Le noyau subit les transformations les plus précoces; il s'arrondit et devient globuleux, avec margination de la chromatine. Des nucléoles se différencient, puis au contact du noyau apparaît une zone fortement basophile qui entoure le plus

(*) Séance du 9 octobre 1950.

souvent la zone golgienne. Enfin, dernière étape, la basophilie s'étend à tout le cytoplasme. On observe donc successivement : l'hypertrophie du noyau et des nucléoles, l'apparition de l'acide ribonucléique au contact du noyau et dans la région centrale de l'ostéoblaste, et enfin la diffusion à tout le cytoplasme de ce constituant. C'est seulement à ce moment qu'apparaît la substance fondamentale de l'os.

La teneur en acide ribonucléique est donc maximum au moment où s'opère la formation de la substance osseuse, puis diminue peu de temps après l'englobement de l'ostéoblaste par la substance osseuse. Au niveau des travées constituées, l'ostéoblaste emmuré ou ostéocyte renferme peu d'acide ribonucléique. Corrélativement le noyau se condense et les nucléoles diminuent de volume. *Il y a donc un parallélisme étroit entre la teneur en acide ribonucléique du cytoplasme des cellules osseuses et l'intensité des phénomènes ostéogénétiques.* Ces constatations sont à rapprocher des observations de Cappelin ([1]) dans l'ostéogénèse embryonnaire du Poulet. Elles rappellent également les faits signalés par Greep ([2]), en ce qui concerne l'activité phosphatasique des cellules osseuses.

Les travaux de Casperson et Brandt ([3]), et de Brachet et Jeener ([4]) montrent que l'acide ribonucléique se rencontre en quantité d'autant plus abondante que les cellules *sont le siège de synthèses plus actives et spécialement de synthèses protéiques*. Nous avons nous-même observé ([5]) que, au niveau de la cellule hépatique du Pigeon, la teneur en acide ribonucléique s'accroît lorsque le taux des albumines sériques augmente. Ces faits permettent de penser que les ostéoblastes jouent un rôle déterminant dans l'élaboration de la substance osseuse et plus particulièrement dans l'élaboration de la matrice protéique de l'os.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de quelques stéroïdes (cholestérol, calciférol et désoxycorticostérone) sur la réserve alcaline plasmatique du Lapin.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

Ayant été amené, au cours de nos recherches antérieures, à étudier l'action sur la réserve alcaline du Lapin de quelques stéroïdes : la dihydrofolliculine, la progestérone, la testostérone et les 11 corticostéroïdes naturels de l'extrait

---

([1]) *Bol. Soc. Ital. Bio. Sper.*, 24, 1948, p. 10.

([2]) *Anat. Rec.*, 100, 1948, p. 667.

([3]) *Protop.*, 35, 1941, p. 507.

([4]) *Bull. Acad. Roy. Belg.*, 29, 1943, p. 476.

([5]) *Arch. Sc. Phys.*, 3, 1949, p. 5.

corticosurrénal [1], nous avons pensé qu'il serait intéressant de rechercher de la même manière les effets du cholestérol, du calciférol et de la désoxycorticostérone. Déjà, avec P. Chauchard et H. Mazoué et par la méthode chronaximétrique, nous avions mis en évidence l'action antialcaline de la désoxycorticostérone [2] et du calciférol [3], comme nous avions montré l'action neutralisante qu'exerce ce dernier corps sur l'alcalose tissulaire du rachitisme expérimental classique [4]. Mais l'injection intraveineuse de dilutions alcooliques de calciférol n'avait entraîné aucune modification de la réserve alcaline plasmatique [5].

En vue d'obtenir des résultats plus nets et pouvant être comparés à ceux précédemment trouvés, nous avons injecté des dispersions aqueuses des corps à essayer, dispersions aisément obtenues grâce à l'introduction dans ces préparations de 10 à 20 % de Tween 80. Comme d'ordinaire, la dilution était calculée de façon à correspondre à un volume aisément injectable par la veine marginale de l'oreille du Lapin et compris entre 1 et 5^{cm^3} ($2^{cm^3},5$ dans chacun des cas choisis). Les doses injectées furent de $2^{cg},5$ pour le cholestérol et le calciférol et de $2^{mg},5$ pour la désoxycorticostérone. Des prélèvements furent effectués chaque fois par ponction intracardiaque avant l'injection, puis 6 à 8 heures et 24 heures après. Les essais portèrent chaque fois sur six lapins adultes de 2 à 3^{kg}, de façon à donner des moyennes valables. On trouvera d'ailleurs l'ensemble de nos déterminations dans les tableaux ci-contre.

Contrairement à ce qui fut enregistré autrefois avec des doses plus limitées de calciférol (en dilutions alcooliques), nous avons obtenu cette fois d'importantes modifications de la réserve alcaline plasmatique. Il en fut de même avec le cholestérol. Mais, tandis que le calciférol entraîne une chute appréciable et prolongée de la réserve alcaline, le cholestérol entraîne, à l'opposé, une augmentation tout aussi nette et durable. Toutefois le calciférol apparaît nettement plus toxique que le cholestérol car, parmi nos animaux qui reçurent d'égales doses, la moitié de ceux auxquels on injecta du calciférol moururent dans les jours qui suivirent.

La diminution de la réserve alcaline sanguine causée par le calciférol ne peut être attribuée qu'à l'action acidosique du produit. Par ailleurs, nous avons contrôlé (avec P. Chauchard et H. Mazoué) que l'effet inverse du cholestérol est bien dû à l'action alcalosique de cette substance. Précisement, on note sur le Rat, après injection sous-cutanée de dispersion de cholestérol, la neutralisation des effets nerveux dus à une injection acidogène de chlorure d'ammonium.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 1316, 1318, et 1320.
(2) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 303.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 327.
(4) *Thérapie*, **2**, 1947, p. 73.
(5) *Thérapie*, **1**, 1946, p. 124.

Lapin n°	Réserve alcaline. Avant l'injection.	6-8 heures après.	24 heures après.
I. — *Injection intraveineuse de $2^{cg},5$ de cholestérol.*			
1	43,3	44,3	45,3
2	30,9	36,6	34,9
3	44,4	46,2	50,0
4	42,8	52,6	51,9
5	32,8	32,8	32,8
6	35,0	38,5	40,4
Moy	38,2	41,8	42,5
II. — *Injection intraveineuse de $2^{cg},5$ de calciférol.*			
1	57,6	48,1	38,5
2	48,1	40,4	43,5
3	51,1	50,0	44,3
4	42,8	38,5	41,4
5	50,0	46,2	41,6
6	42,2	40,4	38,5
Moy	48,7	43,9	41,3
III. — *Injection intraveineuse de $2^{mg},5$ de désoxycorticostérone.*			
1	46,2	38,5	38,5
2	35,2	32,6	38,6
3	40,4	40,4	36,6
4	42,4	36,6	40,0
5	34,3	32,8	30,4
6	36,9	30,9	34,9
Moy	39,2	35,3	36,5

La diminution sensible et durable de la réserve alcaline sanguine obtenue après injection de désoxycorticostérone correspond à l'action acidosique de cette substance, déjà soulignée.

Conclusions. — Le cholestérol exerce sur l'organisme une action alcalosique manifeste, qui se traduit par une augmentation durable de la réserve alcaline sanguine, comparable à celle qui est obtenue avec la dihydrofolliculine. Le calciférol et la désoxycorticostérone ont au contraire une action acidosique nette, qui entraîne une diminution prolongée de la réserve alcaline et qui doit être rapprochée des effets de la progestérone et de la testostérone.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des antipodes optiques de la valine sur la croissance de certaines espèces bactériennes* (¹). Note de M. **Jacques Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

I. Dans deux précédentes Notes (²), (³) nous avons montré que la *l*(+) valine (antipode naturel) était acceptée, comme source de carbone, seulement par le B. Pyocyanique (*Pseudomonas æruginosa*) et, comme source d'azote, par dix espèces bactériennes différentes, sur les treize étudiées. La *d*(—) valine a pu être utilisée comme source de carbone également par le B. Pyocyanique, en un temps bien plus long que pour l'antipode naturel et comme source d'azote par cette même espèce plus difficilement que son inverse, et faiblement par le B. Friedländer, mais n'a pas convenu aux onze autres espèces envisagées.

II. En raison de ce qui précède, nous nous sommes demandé si l'on pouvait aller plus loin et s'il était possible de déceler une action antagoniste de ces antipodes sur la croissance de certaines espèces bactériennes.

Nos études ont porté principalement sur *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella dysenteriæ*. Nous avons utilisé notre milieu synthétique habituel (⁴) dans lequel la source de carbone était le glucose, et suivant les cas nous avons introduit des quantités croissantes de l'un ou de l'autre antipode de la valine.

a. Action de la d(—) *valine.* — On peut, par addition de *d*(—) valine au milieu, diminuer progressivement la croissance d'une espèce donnée et même empêcher complètement tout développement. D'autre part il est à remarquer que la courbe des maxima en fonction de la concentration en valine (*fig.* 2) présente deux parties à tangente horizontale, quand il y a une molécule de valine pour une de glucose, et quand il y a deux molécules de valine pour une de glucose. Les courbes de croissance (*fig.* 1) sont réalisées avec 60^{mg} de glucose pour 20^{cm^3} de milieu et des quantités de valine qui, dans l'ordre des 13 courbes, sont : 0, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 110, 120 (en mg.).

b. Action de la l(+) *valine.* — Ici l'action est plus complexe. Les courbes (*fig.* 3) montrent que cet antipode provoque pour certaines proportions des croissances supérieures à celles que l'on obtient avec le glucose seul; alors que dans certaines zones de concentration il agit comme empêchant. Nous obtenons une tangente horizontale quand il y a une molécule de valine pour une glucose.

(¹) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(²) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 161.

(³) J. Nicolle et Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1057.

(⁴) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Trefouël, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, 67, 1941, p. 177.

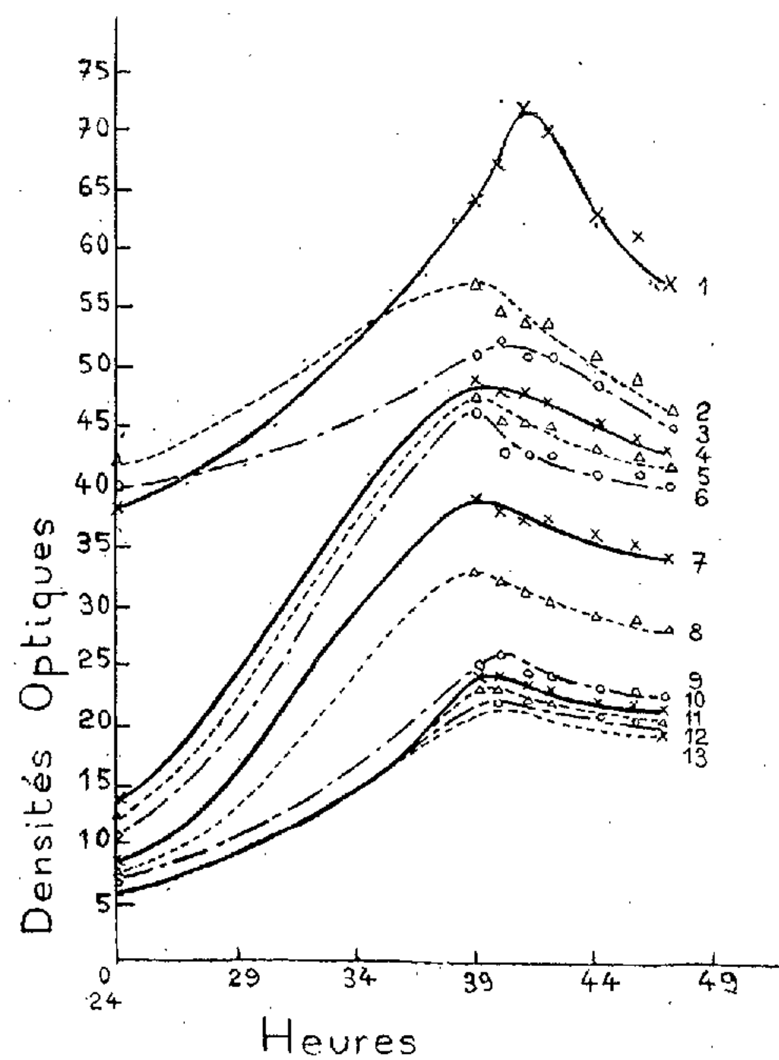


Fig. 1.

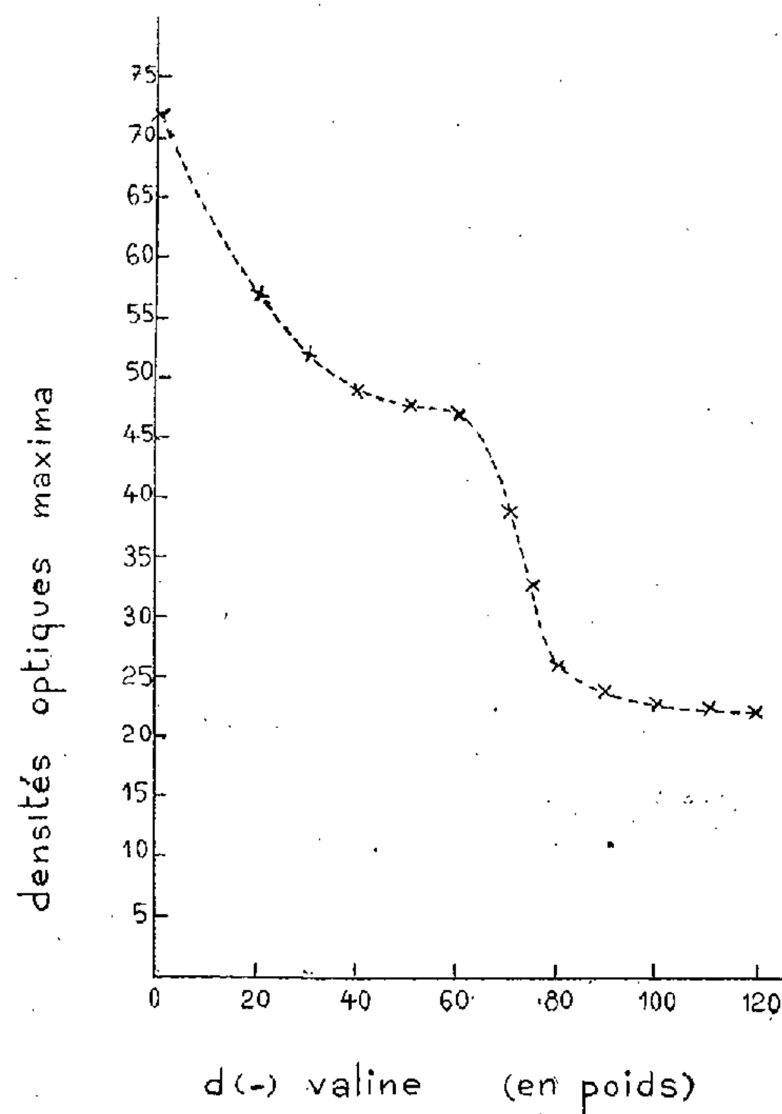


Fig. 2.

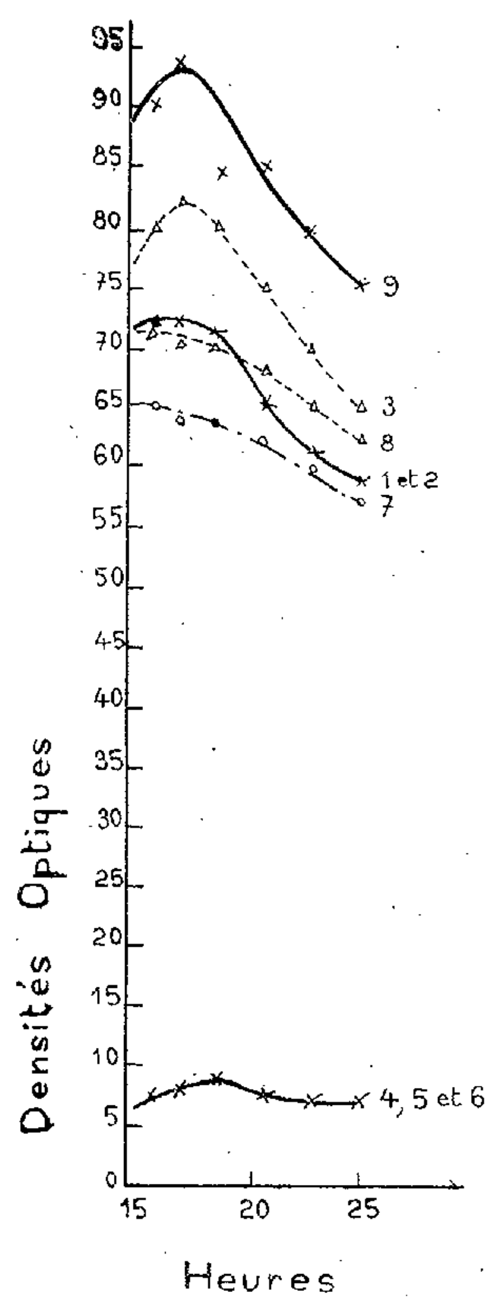


Fig. 3.

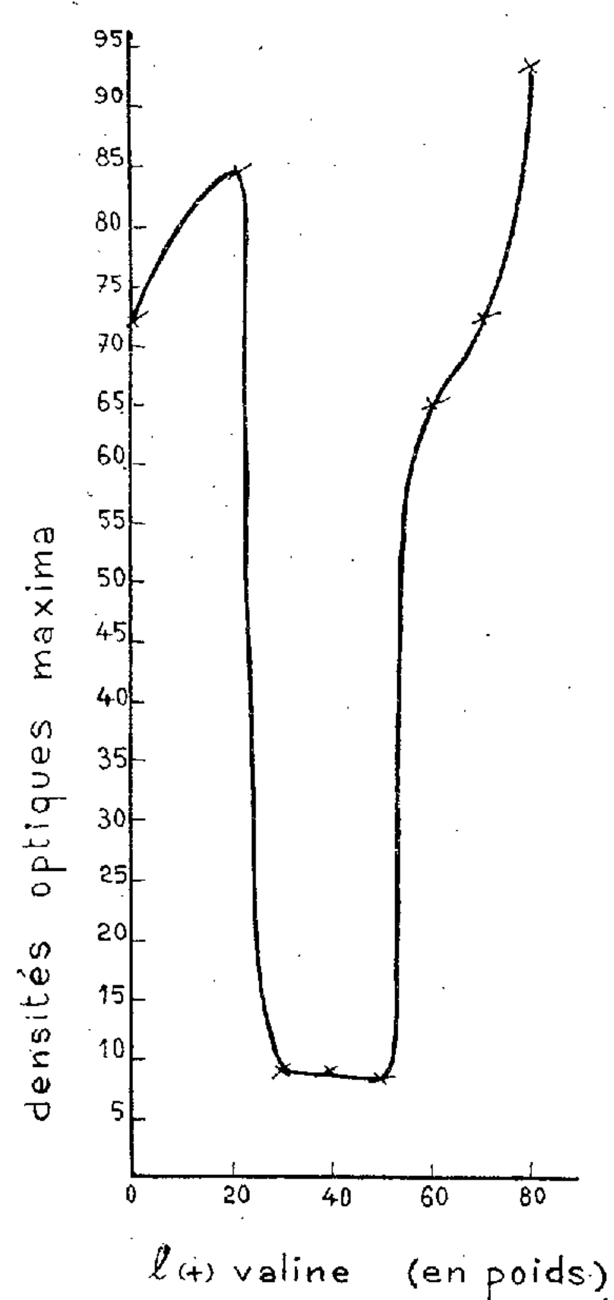


Fig. 4.

Courbes 1 et 2, glucose seul; pour les suivantes les quantités de valine sont : 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 (en mg) toujours dans 20^{cm^3} de milieu.

Pour les expériences des titres *a* et *b* la souche était : *Escherichia coli*.

Conclusion. — Si l'antipode naturel de la valine exerce une action empêchante seulement pour certaines proportions, son inverse par contre agit toujours dans le même sens (sans inversion). Dans les deux cas on rencontre des zones particulières pour certains rapports entre les molécules d'un des isomères et celles du glucose.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'activité tuberculostatique du para-aminosalicylate de phényle* (FR_7) in vitro *et chez la Souris*. Note de MM. **Santiago Americano Freire**, **Noël Rist**, Mmes **Françoise Grumbach** et **Sophie Cals**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Santiago Americano Freire ([1]) ayant constaté que le salicylate de phényle (Salol) exerce une activité tuberculostatique *in vitro* quatre à cinq fois plus grande que l'acide salicylique, a émis l'hypothèse que le *para*-aminosalicylate de phényle (qu'il a synthétisé sous le nom de FR_7) pourrait être également plus actif que l'acide *para*-aminosalicylique (P. A. S.), ce que l'expérience a démontré.

Le présent travail donne les détails des recherches *in vivo* annoncées dans la première Note ([2]) et la suite de nos expériences *in vitro*.

Les essais *in vitro* ont été faits dans 5^{cm^3} de milieu de Youmans avec sérum, ensemencés avec $0^{mg},01$ de bacilles tuberculeux (souche $H_{37}Rv$) et la lecture faite au 12e jour.

La concentration inhibitrice du FR_7 (dissous dans l'éthylène glycol à 1 ‰) est de $0^{mg},0025$ pour 100^{cm^3} et celle du P. A. S. de $0^{mg},05$ pour 100^{cm^3}.

Une molécule de P. A. S. est neutralisée par une molécule d'acide *para*-aminobenzoïque (P. A. B.) ([3]), alors qu'une molécule de FR_7 est neutralisée par 20 molécules de P. A. B.

Deux souches humaines, une bovine normale et quatre souches résistantes à 50^{mg} pour 100^{cm^3} de streptomycine (S. M.) ont montré la même sensibilité au FR_7 que la souche $H_{37}Rv$.

Une souche résistante à 1^{mg} pour 100^{cm^3} de P. A. S. et sensible à 2^{mg} pour 100^{cm^3} est résistante à $0^{mg},04$ pour 100^{cm^3} de FR_7 et sensible à $0^{mg},08$ pour 100^{cm^3} (cette souche s'est montrée, chez la Souris, insensible à l'injection de 10^{mg} de FR_7 par jour).

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 728.

([2]) Il avait vérifié antérieurement que le *para*-acetylamino-salicylate de phényle est *in vitro* cinq fois plus actif que l'acide *para*-acétylamino-salicylique.

([3]) A. Lutz, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 150.

On peut donc dire que *in vitro* le FR_7 est 20 fois plus actif que le P. A. S.

Les essais *in vivo* ont été effectués sur des souris grises race *dba* infectées par voie veineuse avec $0^{mg},05$ de bacilles $H_{37}Rv$ cultivés en milieu de Dubos. Le traitement a été commencé dès le lendemain de l'inoculation et poursuivi jusqu'à ce que la moitié des témoins soient morts, c'est-à-dire pendant 23 à 25 jours.

Le Tableau I résume le résultat de nombreuses expériences. Il ressort que le FR_7 à 1^{mg} par jour en solution huileuse est au moins aussi actif que 1^{mg} de streptomycine ou que 10^{mg} de P. A. S.

TABLEAU I. — *Comparaison de l'activité tuberculostatique de plusieurs médicaments en injections sous-cutanées quotidiennes.*

Médicament.	Dose (mg/20 g) par jour.	Nombre de souris.	Nombre de bacilles dans les frottis de tissu pulmonaire (par champ microscopique).	Lésions pulmonaires macroscopiques.
Salol (1).......	10	5	100	+++
»	20	5	20	++
FR_2 (1), (*).....	5	10	1/50	0
»	10	14	1/200	0
FR_7 (1)........	0,2	12	∞	++++
»	0,5	21	1	++
»	1	30	1/10	+
»	2,5	41	0	0
»	5	23	0	0
»	10	14	0	0
P. A. S. (2)....	5	22	20	++
»	10	12	5	+
S. M. (2).......	1	26	10	++
»	2	10	5	0
FR_7 (1), (3).....	5	5	10	±
» (1), (4).....	10	12	1/20	0
S. M. (2), (3)...	5	5	20	+
Témoins	–	83	∞	+++++

(1) Solution huileuse.
(2) Solution aqueuse.
(3) Traitement commencé au treizième jour de l'infection.
(4) Traitement commencé au huitième jour de l'infection.
(*) *para*-trichloro-acétylamino-salicylate de phényle.

Après 10, 5 ou $2^{mg},5$ de FR_7 l'examen histologique ne décèle ni lésion ni bacille dans les poumons, et seulement de minimes nodules paucibacillaires dans les ganglions trachéobronchiques, le foie et la rate, alors que dans les poumons des témoins, il y a de vastes plages nécrotiques, nodulaires, confluentes, contenant un nombre infini de bacilles.

Si l'on commence le traitement au 13e jour de l'infection, 5mg par jour de FR_7 en solution huileuse arrêtent l'évolution des lésions aussi bien que 5mg de streptomycine (tableau I).

Le FR_7 est plus actif en suspension aqueuse qu'en solution huileuse.

En suspension aqueuse chez la Souris, la DL_{50} aiguë du FR_7 est de 5 g/kg.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Influence des oligoéléments sur la production d'éthanol par* Sterigmatocystis nigra *et* Aspergillus flavus. Note (*) de M. **Roger Raveux**, présentée par M. Roger Heim.

Les cultures de *Sterigmatocystis nigra*, sur milieu de Czapek à teneur élevée en aliment carboné par rapport aux autres éléments, produisent de l'éthanol, mais cette formation cesse si les teneurs de tous les constituants du milieu sont également élevées et si l'équilibre est ainsi rétabli. Le tableau ci-dessous montre l'influence particulière des oligoéléments sur le comportement de la souche 315.

Élément par rapport au milieu de Czapek normal, renfermant 15% de glucose.

	Témoin.	$Zn^{++}\times 5$.	$Zn^{++}\times 10$.	$Fe^{++}\times 5$.	$Fe^{++}\times 10$.
Mycélium sec (g)........	1,510	1,542	1,479	1,570	1,614
Alcool formé (*a*)........	2,20	1,26	1,64	1,17	1,46
Acidité totale (*b*)........	1,42	1,42	1,32	1,43	1,19
Glucose utilisé (*c*).......	17,2	15,9	16,1	15,6	15,2

(*a*) et autres produits volatils exprimés en millimolécules d'éthanol;
(*b*) en milliéquivalents;
(*c*) en millimolécules, par gramme de mycélium sec.

La production d'alcool n'est que peu diminuée, en particulier dans les cultures dont les concentrations en Zn^{++} ou en Fe^{++} sont 10 fois supérieures à celles du milieu normal, mais il y a corrélativement une légère diminution de l'acidité totale. L'effet dû à un apport supplémentaire en zinc ou en fer, existant déjà en quantité notable, est moindre que celui dû à l'addition d'éléments plastiques. Néanmoins, on peut admettre que ces oligoéléments assurent une meilleure efficacité au système enzymatique impliqué dans les synthèses protoplasmiques à partir des métabolites intermédiaires; il faut alors moins d'aliment glucidique pour édifier 1g de champignon.

L'effet catalytique des oligoéléments sur la croissance et l'intensité respiratoire est plus évident par les conséquences de leur carence même partielle dans

(*) Séance du 30 octobre 1950.

un milieu équilibré, surtout si celui-ci est concentré. Par exemple, Foster et Waksman ont montré que la *carence* en zinc provoque une déviation du métabolisme carboné vers la production d'acide fumarique avec *Rhizopus nigricans*. Le ralentissement de l'utilisation des métabolites intermédiaires, par suite d'une carence en élément oligo-dynamique, a pour conséquence l'exaltation de systèmes enzymatiques latents; ainsi la carence en fer, avec *Torulopsis utilis* est accompagnée d'une teneur plus élevée en thiamine. Les effets observés avec *Sterigmatocystis nigra* S. N. 76 ont vraisemblablement la même cause, lorsqu'on réduit au 1/100 l'un des éléments du milieu de Czapek cinq fois plus concentré, renfermant Fe^{++} et $Zn^{++} \times 2.10^{-4}$ M; Cu^{++} et $Mn^{++} \times 2,5.10^{-5}$ M.

Élément au 1/100 *par rapport au milieu de Czapek cinq fois plus concentré :*

	Témoin.	Zn^{++}.	$Zn^{++}+Co^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	$Zn^{++}+Ni^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	Fe^{++}.	$Fe^{++}+Co^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	$Fe^{++}+Ni^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	Mn^{++}.	Cu^{++}.
célium sec (g)....	1,561	0,918	0,825	0,806	0,535	0,532	0,553	0,796	1,056
cool formé (*a*)....	0,04	1,12	1,46	1,56	0,63	0,71	0,68	0,19	0,07
idité totale (*b*)....	2,74	3,31	3,43	3,56	7,68	7,72	7,67	4,65	3,75
ucose utilisé (*c*)...	14,8	17,3	17,6	17,8	22,2	23,7	21,0	15,5	15,4

La carence partielle en zinc ou en fer amène une production notable d'alcool, analogue à celle qui est due à une carence magnésienne. Ces éléments sont indispensables à la croissance, mais l'un d'entre eux en quantité convenable suffit pour permettre la formation d'éthanol. La carence en Zn^{++} ou en Fe^{++} n'est pas spécifique de la déviation du métabolisme vers une production d'éthanol. Toutefois, celle-ci est plus faible en présence d'une quantité réduite de Fe^{++}, alors que l'acidité totale est plus que doublée dans ces conditions; il en résulte une plus forte consommation du glucose. La carence partielle en Mn^{++} ou en Cu^{++} provoque aussi l'augmentation de l'acidité totale, mais l'apparition d'alcool est très minime. Nous avons constaté que l'absence de molybdène n'a aucune influence appréciable.

Ni le nickel ni le cobalt ne sont capables de remplacer le fer ou le zinc en vue de la croissance; leur présence dans le milieu n'empêche pas la formation d'éthanol et ne fait pas varier notablement l'acidité totale. Il se produit même une quantité d'alcool supérieure. Nous avons vérifié ces résultats avec *Aspergillus flavus* NRRL 484 cultivé sur le milieu de Czapek habituel, préalablement purifié selon la technique de Sakamura, et sans aucune addition de Zn^{++} ou de Fe^{++}, sauf les quantités minimes contenues dans les spores.

La croissance est considérablement ralentie et, dans ce cas, la formation d'alcool, de caractère pathologique, est d'une grandeur atteignant et même dépassant celle des synthèses cellulaires. Elle est nettement accrue par addition de Co^{++}, de Ni^{++} ou de Cr^{+++}; il est possible d'envisager le rôle d'activa-

teur zymasique de ces éléments. Warburg a montré que la zymohexase de la levure est inhibée par les substances formant des complexes avec les métaux lourds, par exemple par la cystéine ou l'$\alpha.\alpha'$-dipyridyl et que l'enzyme peut être réactivé par addition de Fe^{++}, Zn^{++} ou Co^{++} en grande quantité par rapport à l'enzyme-protéine. Nous avons constaté qu'il en est de même dans le cas de l'*Aspergillus*, en introduisant la cystéine ou l'$\alpha.\alpha'$-dipyridyl dans la solution de culture. La présence de cystéine dans un milieu complet entraîne la production d'éthanol. Ce comportement des *Aspergillus*, ici de très faible amplitude, est identique à celui de la levure de boulangerie.

IMMUNOLOGIE. — *La sérum-albumine privée de ses souillures globuliniques est dépourvue de pouvoir antigène*. Note (*) de MM. **Maurice Doladilhe**, **Marcel Mazille** et **Pierre Legrand**, présentée par M. Gaston Ramon.

La sérum-albumine préparée par le sulfate d'ammonium est souillée de globuline (sérum-albumine *totale*) à qui elle doit son pouvoir antigène. Si on la débarrasse de ces souillures globuliniques on obtient un protéide dépourvu de pouvoir antigène (sérum-albumine *purifiée*).

On sait [1] que la sérum-albumine préparée par le sulfate d'ammonium est souillée de sérum-globuline dans la proportion de 20 à 25 %.

La dialyso-électrolyse [2] permet d'extraire cette sérum-globuline et d'obtenir la sérum-globuline *purifiée*. C'est ainsi [3] que nous avons été amenés à expliquer pourquoi la précipitine anti-globuline précipite la sérum-albumine non purifiée; nous avons montré, en effet, que cette réaction, à laquelle on était tenté de refuser toute spécificité, est en réalité rigoureusement spécifique du fait que la précipitine agit électivement sur cette globuline parasite.

On conçoit, dès à présent, qu'il est nécessaire de préciser, lorsqu'on étudie le comportement immunologique d'une sérum-albumine, s'il s'agit de sérum-albumine avec souillures globuliniques (sérum-albumine *totale*) ou de sérum-albumine sans souillures globuliniques (sérum-albumine *purifiée*).

La sérum-albumine *totale* possède deux fonctions antigéniques (globuline et albumine), la sérum-albumine purifiée n'en a qu'une (albumine). La première doit donner naissance à une double précipitine à la fois anti-globuline et anti-albumine, la seconde à la seule précipitine anti-albumine.

Pour le vérifier nous avons préparé deux séries de Lapins, l'une par la sérum-albumine *totale*, l'autre par la sérum-albumine *purifiée*; nous avons ensuite

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Tiselius, *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 524.

(2) Mazille, *Thèse Doctorat ès Sciences*, Montpellier, 1944.

(3) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 928.

étudié l'action, *in vitro*, des anti-sérums ainsi obtenus, sur la sérum-globuline, la sérum-albumine *totale*, les souillures globuliniques, et la sérum-albumine *purifiée*. Nos expériences ont porté sur diverses espèces de sérums sanguins (Homme, Bœuf, Mouton, Cheval).

Les tableaux I et II donnent pour le Cheval un exemple des résultats obtenus : *l* indique les dilutions croissantes isotoniques auxquelles sont portées les albumines et globulines étudiées. Les mélanges sont faits à volumes égaux (1^{cm^3}) d'anti-sérum et des dilutions. Les signes + et — indiquent respectivement la présence ou l'absence de précipitation.

Le tableau I concerne l'anti-sérum fourni par la sérum-albumine *totale*, le tableau II l'anti-sérum fourni par la sérum-albumine *purifiée*.

TABLEAU I. — *Sérum-albumine* totale.

l.	Sérum-globuline.	Sérum-albumine *totale*.	Souillures globuliniques.	Sérum-albumine *purifiée*.
0	—	—	—	—
5	—	—	—	—
10	—	—	—	—
25	—	+	+	—
50	—	+ +	+ +	—
100	+	+ +	+ +	—
150	+ +	+	+	—
200	+ +	+	—	—
500	—	—	—	—
750	—	—	—	—

TABLEAU II. — *Sérum-albumine* purifiée.

l.	Sérum-globuline.	Sérum-albumine *totale*.	Souillures globuliniques.	Sérum-albumine *purifiée*.
0	—	—	—	—
5	—	—	—	—
10	—	—	—	—
25	—	—	—	—
50	—	—	—	—
100	—	—	—	—
150	—	—	—	—
200	—	—	—	—
500	—	—	—	—
750	—	—	—	—

Ces résultats sont loin de confirmer notre hypothèse, car la sérum-albumine *totale* engendre une seule précipitine *anti-globuline* alors que la sérum-albumine *purifiée* n'en engendre aucune.

Nous sommes donc en mesure de conclure que le pouvoir antigène de la sérum-albumine totale est due à ses souillures globuliniques et que la sérum-albumine purifiée est dépourvue de pouvoir antigène.

On retrouve, en anaphylaxie, cette inertie antigénique de la sérum-albumine *purifiée*.

Nous avons, en effet, maintes fois établi ([4]) que la sensibilisation anaphylactique d'un organisme par un sérum sanguin ([5]) est due à sa sérum-globuline; sa sérum-albumine est dépourvue de propriétés sensibilisantes ([6]) à la condition expresse qu'elle ait été soigneusement débarrassée de ses souillures globuliniques.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 16 octobre 1950.)

Note présentée le 24 juillet 1950, de MM. *Pierre Brocq* et *Théodore Stéphanopoli*, Sur la différenciation de deux catégories constantes d'Érythrocytes anucléés, chez l'Homme adulte, par la recherche des peroxydases dans le sang frais :

Page 800, 9e ligne, *au lieu de* La distribution de celle-ci, *lire* La distribution de celles-ci.

» 801, 4e ligne, *au lieu de* incomplètement évolués, *lire* incomplètement évoluées.

([4]) DOLADILHE, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 65.
([5]) MAZILLE, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 927.
([6]) DOLADILHE et LEGRAND, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1383.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1950.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France.* 52. *Coléoptères curculionides* (Première partie), par Adolphe Hoffmann. 53. *Coléoptères psélaphides,* par René Jeannel. Paris, Paul Lechevalier, 1950 ; 2 vol. 25^{cm}.

Union internationale des sciences biologiques. Série C, n° 1. *Systematic check List of mite genera and type species,* by Charles D. Radford. Paris, Secrétariat général de l'U. I. S. B., 1950 ; 1 vol. $24^{cm},5$.

Institut pour la recherche scientifique en Afrique centrale (I. R. S. A. C.). *Premier rapport annuel* 1948. Bruxelles, s. d. ; 1 vol. $24^{cm},5$.

Universidad de la Republica. *Vegetación halófila de la costa uruguaya,* par Jorge Chebataroff. *Las bases cientificas y técnicas en la explotación miticola,* par Fernando de Buen. Extraits du n° 5 de la *Revista de la Facultad de Humanidades y Ciencias.* Montevideo, 1950 ; 2 fasc. 24^{cm}.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 59. *Staphylinidæ* (Coleoptera Polyphaga), by M. Cameron ; Fasc. 62 : *Doriloidæ* (Pipunculidæ) (Diptera), by D. Elmo Hardy ; Fasc. 68 : *Paussidæ,* von A. Reichensperger ; Fasc. 69 : *Pompilidæ* (Hymenoptera Sphecoidea), von H. Haupt ; Fasc. 70 : *Hexapoda* 1. Orthoptera : Tridactilydæ, par L. Chopard ; 2. *Hemiptera :* Coccidæ, par P. Vayssière ; 3. *Coleoptera :* Trogositidæ, par G. Fagel ; 4. *Diptera :* Therevidæ et Conopidæ, par P. Vanschuytbroeck ; 5. *Hymenoptera :* Chrysididae, von S. Zimmermann. Bruxelles, 1950 ; 5 fasc. 28^{cm}.

Formulas gráficas prácticas del Vitaoculiscopio y oculisvita. Procedimientos de investigación científica en El sistema ocular in vivo; la Vida celular y en la constitución de la materia, par Alice Lardé de Venturino. Montevideo, Imp. central, 1950 ; 1 fasc. $24^{cm},5$,

Dirrecçao geral de minas e serviços geologicos. *Bibliografia hidrólogica do império portugués,* por Luis de Menezes Corrêa Acciaiuoli. Vol. II. Lisboa, 1950 ; 1 vol. $25^{cm},5$.

Ministerio da economia. Comissão reguladora do comercio de Arroz. *A influéncia da idade da Semente na germinação dó Arroz,* por Manuel Vianna e Silva. Lisboa, 1947 ; 1 fasc. $23^{cm},5$.

Id. *Formas cultivadas de Arroz existentes em Portugal,* por João de Carvalho e Vasconcellos. Apêndice II. Lisboa, 1945 ; 1 fasc. $23^{cm},5$.

Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel. *Die Weltwirtschaft mitte* 1950. Kiel, 1950 ; 1 fasc. polycopié 29 ^{cm}.

Material zur aufteilung der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, von Hermann Gross. Kiel 1950 ; 1 fasc. polycopié 29^{cm}.

Les derniers progrès de la technique. I. *Production de l'énergie. La verrerie,* par ROGER SIMONET. Paris, Calmann-Lévy, 1950; 1 vol. 19cm.

International Union of pure and applied chemistry. *Physico-chemical constants of pure organic compounds,* by J. TIMMERMANS. London, Elsevier publishing Company, Inc., 1950; 1 vol. 24cm (présenté par M. J. Duclaux).

Éphémérides nautiques ou Extrait de la connaissance des temps pour l'an 1951. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 fasc. 24cm.

La science des Roches : Étude théorique et pratique, par F. RINNE. Traduction de LÉON PERVINQUIÈRES. Nouvelle édition comprenant : *Le texte revu de la* 3e *édition française,* par LÉON BERTRAND. *Un nouveau texte de cet auteur, un complément de* JEAN ORCEL. Paris, Librairie Lamarre, 1950; 1 vol. 27cm (présenté par M. Mauguin).

Haut Commissariat de France en Indochine. Service météorologique. *Le climat de l'Indochine. Aperçu général et régime des vents,* par E. BRUZON, P. CARTON, A. ROMER. Saïgon, 1950; 1 vol. 27cm,5 (présenté par M. Ch. Maurain).

Sol et vitalité, n° 1. Revue publiée par l'*Association de l'homme et le sol.* Paris, 1950; 1 fasc. 24cm.

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France. Centenaire. Fasc. 5 *spécial.* Paris, 1948; 1 fasc. 24cm.

International astronomical Union. *Transactions of the international astronomical Union.* Vol. VII. *Seventh general assembly* held at Zürich august 11 to august 18, 1948. Edited by J. H. OORT. Cambridge, at the University Press, 1950; 1 vol. 25cm.

Second cape catalogue of stars for the equinox of 1925-0 consisting of Part I : *Stars south of dec.* — 30°. Part. 2. *Zodiacal stars.* Compiled from observations made with THE REVERSIBLE TRANSIT CIRCLE AT THE ROYAL OBSERVATORY CAPE OF GOOD HOPE in the years 1925-1933 under the direction of J. JACKSON. London, His Majesty's stationery office, 1949; 1 fasc. 30cm.

(*à suivre*).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 NOVEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Philippe Frank**, Professeur à l'Université Harvard, qui assiste à la séance.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie que le Tome 225 (2e semestre 1947) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *La régularité métrique des familles d'ensembles.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Cette Note complète celle du 16 octobre 1950, en rectifiant la définition de la parfaite régularité des familles d'ensembles, relativement à une métrique valable dans l'espace les contenant. On s'appuie sur la discrimination, dans l'ensemble indéfiniment couvert par une famille régulière, de sous-ensembles, les uns noyaux, les autres enveloppes.

En rapport avec les généralisations du théorème classique de Vitali, j'ai défini une *régularité métrique* des familles d'ensembles dans un espace U où une mesure-φ d'une certaine classe d'ensembles a été définie [1].

La métrique-φ peut être par exemple l'aire euclidienne de Carathéodory dans l'espace à quatre dimensions. La classe correspondante est celle des ensembles ayant une aire déterminée et finie.

La famille G d'ensembles γ est *régulière au sens de la métrique-φ* si elle remplit les conditions suivantes :

1° Tout ensemble γ de G a une mesure-φ déterminée et positive;

---

[1] *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 737. Consulter également mes Notes antérieures *ibid.*, p. 560-562 et 600-602.

2° Quel que soit γ dans G, les points M de U étrangers à γ, et indéfiniment couverts (au sens de la métrique-φ) par les γ' joints à γ forment un ensemble $\rho(\gamma)$ de mesure-φ nulle, à moins que $\rho(\gamma)$ ne soit pas vide;

3° Il existe deux nombres a et $b(1 < a < b)$ indépendants de γ, tels que la réunion $\Omega(\gamma)$ des γ' de G joints à γ et vérifiant $\varphi(\gamma') < a\varphi(\gamma)$ a une mesure extérieure moindre que $b\varphi(\gamma)$;

4° La mesure extérieure de l'ensemble D réunion des γ est finie.

Si l'on considère la famille G dans son intégralité, et non pas des familles partielles de G, on peut supposer D mesurable-φ, quitte à retrancher de certains γ, ou de chacun d'eux, un ensemble de mesure-φ nulle, dans le cas où D ne serait pas mesurable-φ. En effet, dans ce dernier cas, $D = X + Y$, X étant mesurable-φ, avec

$$\varphi(X) = \varphi_i(D), \qquad \varphi_i(Y) = 0, \qquad \varphi_e(Y) = \varphi_e(D - X).$$

D'après $\gamma \subset D$, $\gamma = \gamma.D = \gamma.X + \gamma.Y$; γ et $\gamma.X$ sont mesurables, $\gamma.Y$ l'est donc aussi et $\varphi(\gamma.Y) \leqq \varphi_i(Y) = 0$. Si $\gamma' = \gamma - \gamma.Y = \gamma.X$, $\varphi(\gamma - \gamma') = 0$ et $D' = \Sigma\gamma' = X$ est mesurable-φ.

Si $\Delta = \Delta(G)$ est l'ensemble indéfiniment couvert par la famille G, nous avons montré que Δ est mesurable-φ; il est possible de trouver dans G une collection d'ensembles disjoints $\gamma_1, \gamma_2, \ldots$ de façon que, si $\Gamma = \Sigma\gamma_i$, $\varphi(\Delta - \Delta.\Gamma) = 0$, $\varphi(\Gamma - \Gamma.\Delta) < \varepsilon$, le nombre positif quelconque ε étant préalablement donné.

Parmi les sous-ensembles de Δ et *relativement à la famille régulière* G, nous distinguerons des *ensembles-noyaux* et des *ensembles-enveloppes*.

Ils rappelleront, aux ensembles de mesure nulle près, les ensembles fermés et les ensembles ouverts des espaces cartésiens en mesure euclidienne, quand, dans U_r, la famille G est formée de toutes les sphères ou de tous les intervalles réguliers à r dimensions où l'écart à l'origine est inférieur à un nombre donné.

F, sous-ensemble de Δ, est un *ensemble-noyau* si la famille G(F) formée par les γ de G joints à F couvre indéfiniment un ensemble $\Delta[G(F)]$ n'excédant F que d'un ensemble de mesure-φ nulle.

O, sous-ensemble de Δ, est un *ensemble-enveloppe*, s'il existe une famille G'(O) formée d'ensembles γ appartenant à G et vérifiant ces deux conditions : 1° l'ensemble $\Delta[G'(O)]$ indéfiniment couvert par les γ de G'(O) est identique à O, éventuellement diminué d'un ensemble o de mesure-φ nulle; 2° quel que soit le point M dans $O - o$ et la suite d'ensembles γ^n contenant M et de mesure-φ tendant vers 0, les γ^n appartiennent tous, sauf un nombre fini d'entre eux, à G'(O).

Δ est à la fois noyau et enveloppe. Si F est noyau, $O = \Delta - F$ est enveloppe. Et $G - G(F)$ constitue une famille G'(O).

Dans notre Note du 16 octobre 1950, nous réservions la qualification de parfaitement régulières aux familles G telles que, pour tout ensemble H mesu-

rable-φ inclus dans Δ, la famille $G(H)$ des γ joints à H couvrît indéfiniment un ensemble n'excédant H que d'un complément de mesure-φ nulle. Dans une telle famille, tous les ensembles étaient des noyaux, ce qui réduit énormément la nature des familles G correspondantes. Nous retirons cette définition et nous lui substituons la suivante :

La famille G sera dite *parfaitement régulière* si tout ensemble H inclus dans $\Delta(G)$ et mesurable-φ est compris entre un ensemble-noyau F et un ensemble enveloppe G de façon que, ε étant positif quelconque, préalablement donné,

$$F \subset H \quad \text{et} \quad \varphi(H - F) < \varepsilon; \qquad H \subset O \quad \text{et} \quad \varphi(O - H) < \varepsilon.$$

$\Delta - H$ étant mesurable-φ en même temps que H, chacun de ces couples de conditions entraîne l'autre.

L'épaisseur de H en un point M de Δ étant la limite unique, si elle existe, du rapport $\varphi(H.\gamma)/\varphi(\gamma)$, quand, γ contenant M, $\varphi(\gamma)$ tend vers zéro, cette épaisseur est 1 sur une plénitude-φ de H et 0 sur une plénitude-φ de $\Delta - H$, *dans l'hypothèse où la famille* G *est parfaitement régulière*.

La fonction d'ensemble $\psi(E)$ étant *définie, bornée, métriquement continue sur le champ des sous-ensembles mesurables-φ de Δ*, et la dérivée de $\psi(E)$ en un point M de Δ étant par définition la limite unique, si elle existe, du rapport $\psi(\gamma.\Delta)/\varphi(\gamma.\Delta)$ quand, γ contenant M, $\varphi(\gamma)$ tend vers zéro [si les ensembles de mesure-φ nulle n'ont pas de rôle à jouer dans la question étudiée, on peut remplacer le dénominateur $\varphi(\gamma.\Delta)$ par $\varphi(\gamma)$], $\psi(E)$ *possède une dérivée finie sur une plénitude-φ de Δ, quand la famille* G *est parfaitement régulière*.

Les caractères de l'ensemble Δ déterminés par la famille G, sont étrangers : d'une part à la notion de distance, car dans un espace distancié, par exemple cartésien, les ensembles γ de mesure-φ (γ) finie ou même infiniment petite peuvent être non bornés, partout denses; d'autre part, à la notion de voisinage, car les γ contenant un même point M de Δ peuvent avoir en commun tout un ensemble de mesure-φ nulle de points M′ topologiquement indiscernables de M, sans que cette relation soit ni réciproque ni transitive.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur la présence dans les Deux-Sèvres du* Vaccinium Myrtillus *L.* Note (*) de M. **René de Litardière**.

Jusqu'en 1933, la présence du *Vaccinium Myrtillus* L. en Poitou resta ignorée. Signalée seulement jusqu'ici en deux points du Bocage vendéen, la plante existe aussi dans les Deux-Sèvres, en Gâtine. Elle apparaît comme une relique d'une flore pléistocène froide.

La présence du *Vaccinium Myrtillus* L. dans le Centre-Ouest de la France, entre le Massif Armoricain et le Limousin, resta ignorée jusqu'en 1933. A cette époque, lors d'une

(*) Séance du 23 octobre 1950.

excursion faite en Vendée par l'École forestière de Nancy, une touffe de la plante fut découverte par M. Guinier dans une clairière de la forêt de Vouvant [1]. Par la suite M. Charrier signalait l'existence de la Myrtille dans une autre localité du Bocage vendéen, située à une cinquantaine de kilomètres au Nord-Ouest, le bois de la Noue, près Bourg-sous-la-Roche [2].

Ces faits, malgré l'intérêt qu'ils présentaient du point de vue géobotanique, furent brièvement consignés dans le relevé de la correspondance adressée à la Société botanique du Centre-Ouest, la table du Bulletin n'en faisant même pas mention; ils ont pu passer inaperçus de la majorité des botanistes. C'est ainsi que la flore française la plus récente, celle de P. Fournier [3], donne les indications suivantes quant à la répartition de cette plante : « Bois clairs, arbustaies, humus siliceux humide. C. (400-2500^{m}) et N.-W.; R. R. (0-400^{m}); nul : Centre-W. et S.-W., Médit. I ».

Les localités de Vendée semblaient jusqu'ici être les seules existant dans le Centre-Ouest. Le fait est cependant inexact.

Dernièrement, lors d'une conversation que nous eûmes avee M. F. Bordier, maire de Vausseroux (Deux-Sèvres), nous apprîmes qu'il avait observé une plante qui devait être la Myrtille; il l'avait remarquée au cours de ses chasses, notamment dans la forêt de la Saisine [4], sur ses propriétés.

Accompagné de M. Bordier, nous nous sommes rendu dans la forêt de la Saisine et avons pu observer une dizaine d'exemplaires de la plante, qui est bien le *Vaccinium Myrtillus* L. La localité où elle se trouve, distante d'environ $4^{km},500$ de Saint-Lin, est située dans la commune de Clavé, à 20-30^{m} de la route Vautebis-Saint-Lin, à l'altitude de 219^{m}; là, dans une partie très touffue de la forêt, en sol riche en humus, nous avons noté la composition floristique suivante, sur une surface d'environ 100^{m^2} :

Strate arborescente-arbustive : *Pinus silvestris* L. (r.) [5], *Betula verrucosa* Ehrh. (r. r.), *Fagus silvatica* L. (r. r.), *Castanea sativa* Mill. (c. c.), *Quercus Robur* L. (c. c.), *Pyrus communis* L. (r. r.), *Cytisus scoparius* (L.) *Link* (r. r.).

Strate herbacée : *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (c. c.), *Molinia cœrulea* (L.) Mœnch (c.), *Vaccinium Myrtillus* L. (r.).

D'après M. Bordier, le *Vaccinium* fructifierait normalement, cependant les

---

(1) *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest*, 1933, p. 136-137. La localité doit être précisée ainsi, d'après M. Charrier qui l'explora également et n'y observa qu'un très petit nombre d'individus : entre la maison forestière de la Cornulière et la ferme de la Basse-Guillotière.

(2) Cf. *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest*, 1934, p. 130, où on trouve cette indication faussement libellée « Nueil de la Noue près de Burcq sous la Roche ». D'après les renseignements que nous a fournis M. Charrier, la plante y fut découverte par M. L. Batiot. Elle est assez abondante, mais très localisée, dans un bois assez humide, très fourré, de pénétration difficile.

(3) *Les quatre flores de la France*, fasc. 22, 1937, p. 702.

(4) Cette belle forêt qui couvre une superficie d'environ 900^{ha}, est installée sur terrain de transport des plateaux, d'âge pliocène.

(5) Ces pins ont été semés vers 1885.

exemplaires que nous avons vus étaient stériles ([6]). M. Charrier nous a fait savoir que dans la forêt de Vouvant la plante paraît également stérile et qu'au Bois de la Noue elle ne fleurit qu'exceptionnellement et fort peu.

En dehors de la forêt de la Saisine, où le *Vaccinium* existerait en quelques autres points situés au Nord et au Sud de la route Vautebis-Saint-Lin, M. Bordier nous a signalé l'avoir observé au Sud-Est de Vausseroux, dans le bois du Chilleau (commune de Vasles), sur sous-sol granulitique.

Le *Vaccinium Myrtillus* occupe donc dans la partie Est de la Gâtine deux petites aires très voisines qui sont distantes d'une quarantaine de kilomètres de la localité vendéenne la plus proche, celle de la forêt de Vouvant, et de plus de 100^{km} de celles du Limousin. La plante apparaît nettement en Poitou comme une relique d'une flore à caractère submontagnard, flore qui, sans nul doute, était plus développée durant les périodes froides du Pléistocène. Il est possible que cette espèce fut plus largement répandue à des époques plus récentes, lorsque les forêts, son milieu d'élection, occupaient un espace beaucoup moins réduit qu'aujourd'hui. M. Bordier croit pouvoir dire, sans toutefois être absolument affirmatif, que la Myrtille s'est raréfiée dans la forêt de la Saisine depuis une quarantaine d'années.

M. **Louis Leprince-Ringuet** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie l'Ouvrage : *Les Inventeurs célèbres* (Sciences physiques et Applications) qui comporte, d'une part quatre-vingts courtes biographies des plus grands inventeurs dans le domaine indiqué ci-dessus, d'autre part, pour chaque période ou chaque groupe de découvertes, un chapitre d'introduction.

Après l'ensemble des biographies, on trouve trois petits chapitres (Propulsion par réaction, Essor de l'électronique, Accélérateurs de particules atomiques et énergie nucléaire) correspondant aux branches modernes de l'invention, dans lesquels interviennent un grand nombre de techniciens ou de savants. L'ouvrage est suivi d'un essai de répertoire historique des inventeurs célèbres comprenant environ 1500 courtes biographies depuis la période grecque jusqu'à notre époque.

L'ensemble de l'édition est d'une qualité artistique très élevée, chaque biographie étant accompagnée d'un grand portrait avec, le cas échéant, le dessin ou la photographie de l'invention.

L'Ouvrage est décomposé en un certain nombre de grands Chapitres :

Lueurs (de la Préhistoire à la fin du Moyen-Age).

([6]) De nouvelles recherches sont nécessaires pour être fixé sur le degré de vitalité de la Myrtille en Gâtine. Il serait intéressant de pouvoir se rendre compte, en particulier, si des facteurs stationnels entrent en jeu pour entraver la floraison et la fructification de la plante.

Lumières sur le Monde, comportant une vingtaine de biographies de Gutenberg et Copernic jusqu'à Mongolfier et Fulton.

Essor de la Science au début du XIXe *siècle*, avec partage en trois Chapitres : Électromagnétisme, Lumière et Thermodynamique.

Quatre Chapitres sur le développement des machines et de la technique : *Adolescence des Machines*; *Éclairage et Reproduction des Images; L'Électricité s'empare du Monde; Transmission des Signaux*.

Les découvertes des ondes électromagnétiques, des rayons X et de l'électron donnent lieu à deux chapitres ultérieurs.

Les trois derniers sont relatifs à l'Aviation, à la Conquête du Temps et de l'Espace (naissance de la Relativité et des Quanta) et à l'Atome et l'Énergie nucléaire.

Chaque biographie est traitée par son auteur selon son penchant particulier, ce qui donne une très grande diversité et un intérêt supplémentaire au livre.

Le mot *inventeur* apparaît ici dans son sens le plus large : les réalisateurs comme Watt se partagent l'ouvrage avec les esprits géniaux comme Newton et Einstein qui ont dû faire preuve d'invention de très haute qualité dans un domaine plus purement scientifique.

A ce livre ont participé plus de soixante-dix physiciens, parmi lesquels un certain nombre de Membres de l'Académie des Sciences : MM. L. de Broglie, M. de Broglie, J. Becquerel, J. Cabannes, A. Caquot, A. de Gramont, A. Pérard, G. Poivilliers, M. Roy et moi-même.

Un certain nombre de Prix Nobel ont également collaboré à l'Ouvrage : MM. C. Anderson, P. M. S. Blackett, Mme I. Joliot-Curie, MM. M. von Laue, R. Millikan, G. P. Thomson, ainsi qu'un grand nombre de physiciens étrangers.

COMMISSIONS.

Par la majorité des suffrages, MM. **Charles Maurain**, **Jean Cabannes**, pour la Division des Sciences mathématiques; **Maurice Caullery**, **Auguste Chevalier**, pour la Division des Sciences physiques; **Eugène Bataillon**, **Pierre Lejay**, pour la Section des Membres non résidants, sont élus Membres de la Commission, qui, sous la présidence de M. le Président de l'Académie, dressera une liste de candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Émile Cotton*.

DÉSIGNATIONS.

M. **Maurice Caullery** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes de la commémoration du Centième anniversaire de la Section des Sciences de l'**Institut Grand-Ducal** du Luxembourg, qui auront lieu le 9 décembre 1950.

M. **Raymond Cornubert** est désigné pour représenter l'Académie aux fêtes du Soixantième anniversaire de l'**École Nationale supérieure des Industries chimiques de Nancy**, qui auront lieu les 8 et 9 décembre 1950.

MM. **Gaston Fayet**, **Jean Chazy**, **Bernard Lyot**, **André Danjon**, Membres de l'Académie, **Alexandre Dauvillier**, Correspondant, MM. **Lucien d'Azambuja**, **Jules Baillaud**, **Daniel Chalonge**, **André Couder**, **Jean Dufay**, **Pierre Tardi**, **Charles Fehrenbach**, **Pierre Lacroute**, **Henri Mineur**, **Jean Rösch**, **Pierre Sémirot**, Mme **Lucien d'Azambuja**, M. **Daniel Barbier**, Mlle **Marie Bloch**, MM. **Roger Bouigue**, **Henri Camichel**, Mlle **Renée Canavaggia**, MM. **Bernard Decaux**, **Jean-François Denisse**, Mme **Camille Flammarion**, MM. **Junior Gauzit**, **André Gougenheim**, **Guigay**, **Robert Jonckheere**, **Marius Laffineur**, **André Lallemand**, **Paul Muller**, **Marcel Patry**, **Jean-Claude Pecker**, **Paul Proisy**, **Evry Schatzman**, **Nicolas Stoyko** sont désignés pour représenter la France à l'Assemblée générale de l'Union astronomique internationale qui aura lieu à Léningrad, du 1er au 8 août 1951.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut national de la Statistique et des études économiques. Études et documents. *Pêcheries mondiales et marché du poisson.* Tome I, par L.-J. Lebret et J. Sauvée.

2° Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge. Exploration du Parc National Albert. *Mission G. F. de Witte* (1933-1935). Fascicule 34.

3° N. S. Krylov. *Les travaux sur les fondements de la Physique statistique* (en langue russe).

4° Jose Joaquin Izquierdo. *Bernard, Creador de la medicina cientifica.*

5° Jose Joaquin Izquierdo. *Raudon, Cirujano poblano de* 1810.

6° Hokkaido University (Sapporo). *Monograph Series of the Research Institute of Applied Electricity*, n° 1 (1950).

7° Chimie et Industrie : *XXIIIe Congrès de Chimie industrielle*, Milan, septembre 1950.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la variation de la matrice inverse d'une matrice donnée.* Note (*) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Soit $M = (c_{\mu\nu})$ une matrice quadratique d'ordre n, dont les éléments dépendent d'un paramètre t. En supposant que le déterminant $|M|$ de M

(*) Séance du 6 novembre 1950.

est $\neq 0$, formons l'inverse de M, $M^{-1} = (\gamma_{\mu\nu})$, et posons

(1) $$\Delta = \sqrt{\sum_{\mu,\nu} |\gamma_{\mu\nu}|^2},$$

où la sommation, comme partout dans ce qui suit, s'étend sur toutes les valeurs, de 1 à n, des indices de sommation.

I. *Si les dérivées $c'_{\mu\nu}$ de $c_{\mu\nu}$ par rapport à t existent, on a*

$$\left|\frac{d}{dt}\frac{1}{\Delta}\right| \leqq \sqrt{\sum_{\mu,\nu} |c'_{\mu\nu}|^2}.$$

Dans la démonstration nous ferons emploi du théorème suivant :

II. *Si* $(A_{\mu\nu})$, $(B_{\mu\nu})$, $(C_{\mu\nu})$, $(D_{\mu\nu})$ *sont quatre matrices d'ordre n et*

$$A = \sqrt{\sum_{\mu,\nu} |A_{\mu\nu}|^2}, \quad \ldots, \quad D = \sqrt{\sum_{\mu,\nu} |D_{\mu\nu}|^2},$$

on a

(2) $$\left|\sum_{\mu,\nu,\lambda,\varkappa} A_{\mu\nu} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa} D_{\varkappa\mu}\right| \leqq ABCD.$$

2. *Démonstration de* II. — On a en utilisant l'inégalité de Cauchy-Schwarz

$$\left|\sum_{\lambda} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2 \leqq \sum_{\lambda} |B_{\nu\lambda}|^2 \sum_{\lambda} |C_{\lambda\varkappa}|^2,$$

(3) $$\sum_{\nu}\left|\sum_{\lambda} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2 \leqq B^2 \sum_{\lambda} |C_{\lambda\varkappa}|^2.$$

D'autre part

$$\left|\sum_{\nu,\lambda} A_{\mu\nu} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2 = \left|\sum_{\nu} A_{\mu\nu} \sum_{\lambda} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2 \leqq \sum_{\nu} |A_{\mu\nu}|^2 \sum_{\nu} \left|\sum_{\lambda} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2,$$

donc par (3)

$$\left|\sum_{\nu,\lambda} A_{\mu\nu} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2 \leqq B^2 \sum_{\nu} |A_{\mu\nu}|^2 \sum_{\nu} |C_{\lambda\varkappa}|^2, \qquad \sum_{\mu,\varkappa}\left|\sum_{\nu,\lambda} A_{\mu\nu} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2 \leqq B^2 A^2 C^2,$$

de sorte que II résulte de

$$\left|\sum_{\mu,\nu,\lambda,\varkappa} A_{\mu\nu} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa} D_{\varkappa\mu}\right|^2 \leqq \sum_{\mu,\varkappa}\left|\sum_{\nu,\lambda} A_{\mu\nu} B_{\nu\lambda} C_{\lambda\varkappa}\right|^2 \sum_{\mu,\varkappa} |D_{\mu\varkappa}|^2.$$

3. *Démonstration de* I. — Désignons la différentiation par rapport à t par le symbole δ. En différentiant la relation $\sum_{\nu} c_{\mu\nu}\gamma_{\nu\lambda} = e_{\mu\lambda}$ ($e_{\mu\lambda}$ est le symbole de

Kronecker) on obtient

$$\sum_{\nu} c_{\mu\nu}(\delta\gamma_{\nu\lambda}) = -\sum_{\nu}(\delta c_{\mu\nu})\gamma_{\nu\lambda},$$

donc par le calcul des matrices

$$M(\delta\gamma_{\mu\nu}) = -(\delta c_{\mu\nu})M^{-1}, \qquad (\delta\gamma_{\mu\nu}) = -M^{-1}(\delta c_{\mu\nu})M^{-1},$$

(4) $$\delta\gamma_{\mu\nu} = -\sum_{\varkappa,\lambda}\gamma_{\mu\varkappa}(\delta c_{\varkappa\lambda})\gamma_{\lambda\nu},$$

d'où, en multipliant par $\bar{\gamma}_{\mu\nu}$ et sommant par rapport aux μ, ν,

$$\sum_{\mu,\nu}\bar{\gamma}_{\mu\nu}\,\delta\gamma_{\mu\nu} = -\sum_{\mu,\nu,\varkappa,\lambda}\gamma_{\mu\varkappa}(\delta c_{\varkappa\lambda})\gamma_{\lambda\nu}\bar{\gamma}_{\mu\nu}.$$

Le module du second membre est, d'après II :

$$\leq \Delta^3\sqrt{\sum_{\mu,\nu}|\delta c_{\mu\nu}|^2},$$

donc à plus forte raison on a

$$\left|\mathcal{R}\sum_{\mu,\nu}\bar{\gamma}_{\mu\nu}\,\delta\gamma_{\mu\nu}\right| \leq \Delta^3\sqrt{\sum_{\mu,\nu}|\delta c_{\mu\nu}|^2}.$$

D'autre part, on a

$$2\Delta\,\delta\Delta = \delta\Delta^2 = \sum_{\mu,\nu}\delta(\bar{\gamma}_{\mu\nu}\gamma_{\mu\nu}) = 2\mathcal{R}\sum_{\mu,\nu}\bar{\gamma}_{\mu\nu}\,\delta\gamma_{\mu\nu},$$

$$|2\Delta\,\delta\Delta| \leq 2\Delta^3\sqrt{\sum_{\mu,\nu}|\delta c_{\mu\nu}|^2},$$

donc finalement en divisant par $2\Delta^3$,

(5) $$\left|\delta\frac{1}{\Delta}\right| \leq \sqrt{\sum_{\mu,\nu}|\delta c_{\mu\nu}|^2}.$$

4. Notre raisonnement s'applique en particulier à chaque opération

$$\delta = h_1\frac{\partial}{\partial t_1} + \ldots + h_k\frac{\partial}{\partial t_k}.$$

Si les $c_{\mu\nu}$ sont différentiables dans un espace euclidien, on peut remplacer δ dans (5) par le module du gradient de l'expression en question.

D'autre part, on peut remplacer dans (1) et (5) les exposants 2 respectivement par p, q, où $p \geq 1$, $q \geq 1$, $(1/p)+(1/q)=1$. Pour $p=\infty$ la dérivée à gauche en (5) doit être remplacée par une dérivée unilatérale.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Quelques théorèmes sur une classe de fonctions pseudo-analytiques*. Note (*) de M. **Albert Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

Les deux fonctions réelles u et v des variables réelles x et y sont supposées continues, ainsi que leurs dérivées du premier ordre et telles que le jacobien $\partial(u, v)/\partial(x, y)$ soit positif dans tout le domaine d'existence D, sauf en des points critiques isolés. Je pose $w = u + iv$ et $z = x + iy$. La valeur absolue $|dw/dz|_\varphi$ possède en un point z non critique, en fonction de la direction φ, un maximum et un minimum. Désignons par $Q(z)$ le quotient de ce maximum par ce minimum. $d\sigma_z$ et $d\sigma_w$ étant des éléments d'aire correspondants, on a l'inégalité

$$\left|\frac{dw}{dz}\right|^2 \leqq Q(z)\frac{d\sigma_w}{d\sigma_z}. \tag{1}$$

Je désigne par $C(D, K)$ la classe des fonctions w qui satisfont à la condition globale $Q(z) \leqq K (\geqq 1)$ dans leur domaine d'existence D. Je vais démontrer quelques théorèmes pour ces fonctions; ils donnent, dans le cas $K = 1$, des résultats bien connus pour les fonctions analytiques.

1° *Si* D *est le plan ouvert* $|z| < \infty$, *aucune des fonctions* $w \in C(D, K)$ *n'est bornée.*

Ce résultat est dû à H. Grötsch [1], qui l'a démontré par réduction au théorème classique de Liouville ($K = 1$). En voici une démonstration directe.

Admettons que, contrairement à l'affirmation ci-dessus, w soit borné : $|w| < 1$ dans $|z| < \infty$.

Désignons respectivement par

$$A(\rho) = \int_{|z| \leq \rho} \frac{\dfrac{d\sigma_w}{d\sigma_z}}{(1 - |w|^2)^2}\, r\,dr\,d\varphi \qquad \text{et} \qquad L(\rho) = \int_{|z| = \rho} \frac{\left|\dfrac{dw}{dz}\right|}{1 - |w|^2}\,\rho\,d\varphi$$

le contenu et la longueur de l'image de $|z| \leqq \rho$ et de $|z| = \rho$, tous deux mesurés dans la métrique définie par l'élément de longueur $ds = |dw|/(1 - |w|^2)$. En utilisant (1) et l'inégalité de Schwarz, on trouve $L^2 \leqq 2\pi\rho K\, dA/d\rho$. La métrique introduite étant de courbure constante -4, l'inégalité isopérimétrique correspondante [2] s'écrit $4A(\pi + A) \leqq L^2$. Par combinaison des deux inégalités et par intégration entre les limites r et R, il vient alors

$$\frac{A(R)}{\pi + A(R)} \cdot \frac{\pi + A(r)}{A(r)} \geqq \exp 4\pi \int_r^R \frac{d\rho}{K\rho}. \tag{2}$$

Pour $R \to \infty$, on arrive tout de suite à une contradiction, d'où le théorème.

---

(1) *Leipziger Berichte*, **80**, 1928, p. 503-507.

(2) *Voir* E. Schmidt, *Math. Zeitschrift*, **46**, 1940.

En posant $\max_{|z|=\rho} Q(z) = K(\rho)$, on voit que la conclusion du théorème subsiste sous la condition moins restrictive que l'intégrale $\int^{\infty} d\rho/K(\rho).\rho$ diverge.

On trouve un théorème analogue dans l'espace à n-dimensions ($n > 2$) en combinant l'inégalité de Hölder avec l'inégalité isopérimétrique relative à l'espace hyperbolique correspondant.

2° Soit maintenant D_1 le domaine $|z| < 1$ et $C_1(D_1, K)$ la classe des $w \in C(D_1, K)$ dont le module est < 1 dans D_1. En posant $R = 1$, il résulte de (2) que

$$A(r) \leqq \frac{\pi r^{\frac{2}{K}}}{1 - r^{\frac{2}{K}}} \quad \text{pour} \quad 0 < r < 1 \quad \text{et} \quad w \in C_1(D_1, K). \tag{3}$$

L'égalité n'a lieu que si le cercle $|z| = r$ se transforme en un cercle hyperbolique de rayon $r^{1/K}$. Il s'ensuit que le contenu euclidien $a(r)$ de l'image de $|z| \leqq r$ satisfait à l'inégalité $a(r) \leqq \pi r^{2/K}$.

3° Soit de plus $C_2(D_1, K)$ la classe des fonctions $w \in C_1(D_1, K)$, telle que la limite $\lim_{z \to 0} |[w(z) - w(0)]/z^{1/K}| = C$ existe. Par un simple passage à la limite $n \to 0$, il suit de (3) que

$$c \leqq 1 - |w(0)|^2 \leqq 1.$$

Le maximum 1 n'est atteint que pour les fonctions de la forme $e^{i\alpha} z |z|^{(1/K)-1}$. Pour $K = 1$ on retrouve le lemme de Schwarz. On arrive par une application successive de (3) à des résultats analogues pour les représentations quasi conformes d'un domaine multiplement connexe dans le cercle unité ([3]).

4° On arrive par des méthodes analogues à des généralisations du théorème de Phragmén-Lindelöf. Soit $D^\star$ un domaine simplement connexe dont la frontière Γ contient le point $z = \infty$; soit λ_ρ l'intersection du cercle $|z| = \rho$ avec $D^\star$ et $\Lambda(\rho)$ sa longueur. Supposons que la fonction $w \in C(D^\star, K)$ satisfasse à la condition $|w| \leqq 1$ en tout point fini de Γ sans être bornée dans $D^\star$ et posons $M(r) = \max_{z \in \lambda_r} |w(z)|$. Il existe alors une constante A telle que

$$[\log M(r)]^2 > A\, e^{\frac{2\pi}{K} \int_{r_0}^{r} \frac{d\rho}{\Lambda(\rho)}} \qquad (r > r_0).$$

Remarquons que tous les résultats énoncés restent vrais pour les transformations intérieures de D au sens de M. Stoïlow, telles que pour tous les quadrilatères correspondants les modules M et M′ satisfont à la condition $K^{-1} M \leqq M' \leqq KM$. Il suffit d'ailleurs que cette condition ne soit remplie que pour de petits quadrilatères.

([3]) Pour des applications conformes, *voir* AHLFORS et BEURLING, *Acta Math.*, **83**, 1950, p. 116 et 117.

FONCTIONS SPÉCIALES. — *Sur les fonctions développables en séries de fonctions de Weber*. Note (*) de M. **Robert Campbell**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans la résolution du problème de Dirichlet, ou de problèmes connexes, pour des volumes limités par des portions de cylindres paraboliques, il arrive qu'on ait à développer une fonction $f(x)$ en série de la forme $\sum_0^\infty A_n D_n(x)$, les fonctions $D_n(x)$ étant celles de Weber [1]. La présente Note se propose de donner des conditions pour lesquelles un tel développement est valable et converge uniformément.

En raison de l'orthogonalité des D_n, le développement en série considéré s'écrit, s'il est légitime :

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_0^\infty D_n(x) \int_{-\infty}^{+\infty} D_n(t) f(t)\, dt.$$

Je rappelle, d'autre part, la formule d'Adamoff [2] :

$$(1) \qquad D_n(z) = \sqrt{2}(\sqrt{n})^n e^{-\frac{n}{2}} \left[\cos\left(z\sqrt{n} - \frac{n\pi}{2} \right) + \frac{\omega_n(z)}{\sqrt{n}} \right],$$

où

$$|\omega_n(z)| < \frac{3,35\ldots}{|z|\sqrt{\pi}} e^{\frac{1}{4}z^2} \qquad \left(|\omega_n(0)| < \frac{\sqrt{n}}{6} \right)$$

(n étant un entier supérieur à 2).

L'analyse se développe alors de la façon suivante :

1° La formule de récurrence

$$x D_n(x) = D_{n+1}(x) + n D_{n-1}(x)$$

permet de calculer effectivement la somme $S_n(x)$ des n premiers termes de la série, sous la forme

$$S_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{G_n(x, t)}{x - t} f(t)\, dt,$$

où

$$G_n(x, t) = \frac{1}{n!} \begin{vmatrix} D_{n+1}(x) & D_n(x) \\ D_{n+1}(t) & D_n(t) \end{vmatrix}.$$

Et le problème consiste alors à étudier à quelles conditions $S_n(x)$ tend vers une limite $S(x)$ quand n tend vers l'infini, et si $S(x) = f(x)$.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

(1) *Math. Ann.*, 1, 1869, p. 1.

(2) *Ann. Inst. Polytechnique de Saint-Pétersbourg*, 1906.

2° Sous la restriction que $f(t)e^{\frac{1}{4}t^2}$ soit sommable au sens de Lebesgue pour tout l'intervalle $(-\infty, +\infty)$, et si x n'appartient pas à l'intervalle d'intégration, je démontre que l'intégrale

$$\int_{A}^{+\infty} \left| \frac{G_n(x, t)}{x-t} f(t) \right| dt,$$

et l'intégrale de la même quantité, entre $-\infty$ et $-A$ peuvent être rendues arbitrairement petites par un choix convenable de A indépendant de n et de x, x étant compris dans un intervalle intérieur à $(-A+\mu, A-\mu)$, (μ étant choisi arbitrairement petit).

3° Avec la même condition sur x,

$$\left[\int_{-A}^{x-\mu} + \int_{x+\mu}^{+A}\right] \left| \frac{G_n(x, t)}{x-t} f(t) \right| dt$$

tend vers zéro, quand n tend vers l'infini, uniformément. Pour le démontrer, il suffit de vérifier ([3]) que $|[G_n(x, t)]/(x-t)|$ est borné indépendamment de n, x, t, et que, dans un intervalle (α, β) quelconque, intérieur aux intervalles d'intégration, $\int_{\alpha}^{\beta} |[G_n(x, t)]/(x-t)|\, dt$ tend vers zéro quand n tend vers l'infini; on utilise dans les démonstrations de ces deux points la seconde formule de la moyenne, la formule (1) d'Adamoff et la formule de récurrence.

$$(n+1)\, D_{n+1}(x) = D'_{n+1}(x) + \frac{1}{2} x D_{n+1}(x).$$

4° Il reste donc à étudier seulement la limite, pour n infini de

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{x-\mu}^{x+\mu} \frac{G_n(x, t)}{x-t} f(t)\, dt.$$

Or la formule (1) fournit, après quelques transformations, l'expression suivante de $G_n(x, t)$, (par exemple si n est pair)

$$G_n(x, t) = \frac{2}{n!} \left(\frac{n}{e}\right)^{\frac{n}{2}} \left(\frac{n+1}{e}\right)^{\frac{n+1}{2}} \left[\sin\{\sqrt{n}(x-t)\} + \frac{\lambda_n(x, t)}{\sqrt{n}} + O\left(\frac{1}{n}\right) \right]$$

$\lambda_n(x, t)$ s'écrivant facilement en fonction des ω_n de (1). Il apparaît aisément que l'intégrale admet alors la même limite que son premier terme, soit

$$\int_{x-\mu}^{x+\mu} \frac{\sin(x-t)\sqrt{n}}{x-t} f(t)\, dt$$

(à un facteur près).

([3]) *Cf.* Hobson, *Theory of real variables*.

En supposant que les deux limites $f(x+0)$ et $f(x-0)$ existent, on montre, grâce au lemme de Riemann-Lebesgue, que

$$\lim_{n\to\infty} S_n(x) = \frac{1}{2}[f(x+0)+f(x-0)],$$

à la seule condition que les deux incréments $[f(x\pm h)-f(x\pm 0)]/h$ admettent des intégrales de Lebesgue.

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques notions fondamentales de la géométrie différentielle.* Note (*) de M. **Eduard Johannes van der Waag**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Au point O d'une courbe continue k l'arc est équivalent à la corde, lorsque

$$\lim \frac{\text{arc AB}}{\text{corde AB}} = 1.$$

Si l'on fixe $A = O$, tandis que $B \to O$, l'équivalence est nommée ordinaire; si A et B tendent vers O de part et d'autre, l'équivalence est nommée contrastante, et si A et B tendent vers O d'une manière quelconque, l'équivalence est nommée uniforme.

Lorsque la courbe possède en O une tangente ordinaire, les deux premières définitions impliquent l'une l'autre. D'ailleurs la courbe peut admettre en O l'équivalence ordinaire sans y admettre l'équivalence contrastante, et elle peut admettre l'équivalence contrastante sans qu'elle n'admette l'équivalence uniforme.

Une condition nécessaire et suffisante, pour que la courbe k soit rectifiable dans un voisinage de O et qu'elle donne lieu en O à l'équivalence uniforme, est l'existence d'une représentation paramétrique $\mathbf{p}(t)$ au voisinage de O, telle que

$$\lim \frac{|\mathbf{p}(t_2)-\mathbf{p}(t_1)|}{|t_2-t_1|} = l \neq 0.$$

Pour que la courbe plane rectifiable k admette en O l'équivalence ordinaire, il faut et il suffit qu'on puisse trouver dans un intervalle I contenant O une représentation $x=\xi(t)$, $y=\eta(t)$ de k, telle que

1° $$\lim \frac{\xi^2(t)+\eta^2(t)}{t^2} = l > 0;$$

2° Les nombre dérivés de ξ et η sont bornés sur I;

3° $\xi'(t)$ et $\eta'(t)$ existent presque partout sur I et

$$\lim \xi'^2(t)+\eta'^2(t) = l.$$

(*) Séance du 6 novembre 1950.

L'inverse d'un théorème de M. Bouligand n'est pas vrai :

La courbe k peut jouir en O *de la propriété que chaque triangle* ABC *a un angle convergeant vers* o, *si* A, B *et* C *tendent vers* O, *tandis qu'on n'a pas d'équivalence ordinaire en* O.

Si t_P est la tangente au point P de la courbe k, on peut donner huit définitions du plan osculateur de k au point O.

I. $\lim_{P \to O} \text{plan } (t_O, P)$;

II. $\lim_{P', P'' \to O} \text{plan } (P', O, P'')$, si $P' > O$ et $P'' < O$ (plan osc. de Gödel);

III. $\lim_{P' \to O} \text{plan } (t_O, t'_{P'})$, où $t'_{P'}$ est la droite allant par O et parallèle à $t_{P'}$;

IV. $\lim_{P', P'' \to O} \text{plan } (O, P', P'')$ (plan osc. de Alt);

V. $\lim_{P' \to O} \text{plan } (O, t_{P'})$;

VI. $\lim_{P', P'', P''' \to O} \text{plan } (P', P'', P''')$ (plan osc. de Menger);

VII. $\lim_{P', P'' \to O} \text{plan } (P', t_{P''})$;

VIII. $\lim_{P', P'' \to O} \text{plan } (t_{P'}, t'_{P''})$, $t'_{P''}$ étant la droite par P' parallèle à $t_{P''}$.

Nous disons que le plan VI est défini avant la limite, lorsque dans un voisinage de O chaque triplet de points différents définit un plan, etc.

Lorsque le plan III existe et est défini avant la limite, le plan I existe.

Si la courbe $y = f(x)$, $z = g(x)$ a en O comme tangente la droite OX et si le plan IV existe et est défini avant la limite, alors le plan III existe aussi et est défini avant la limite.

Soit k une courbe, qui partout dans un voisinage du point O admet une tangente ordinaire. Alors, si le plan V existe et est défini avant la limite, les demi-plans osculateurs IV existent et sont définis avant la limite. Le plan IV peut ne pas exister.

Si la courbe $y = f(x)$, $z = g(x)$ a dans un voisinage de O partout une tangente ordinaire et si $t_0 = OX$, alors l'existence du plan V, défini avant la limite entraîne celle du plan III,

Lorsque le demi-plan VI existe à droite et est défini avant la limite, la demi-tangente à droite existe aussi; en prenant celle-ci comme axe des x, nous pouvons représenter la courbe à droite de O par $y = f(x)$ et $z = g(x)$.

Lorsque le demi-plan à droite IV existe et est défini avant la limite, la demi-tangente à droite existe aussi.

Lorsque l'un des plans, VI, VII ou VIII existe et est défini avant la limite, tous les autres plans osculateurs existent et sont définis avant la limite.

GÉOMÉTRIE. — *La symétrie de révolution en calcul tensoriel.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

Dans une précédente Note ([1]) nous avons indiqué les formes générales des *tenseurs isotropes* de l'espace à trois dimensions, pour les ordres usuels. Nous complétons ici ce formulaire en donnant d'abord pour le plan à deux dimensions les expressions des tenseurs isotropes jusqu'à l'ordre 4, puis, pour l'espace à trois dimensions, les expressions des tenseurs de ces mêmes ordres ayant une *structure de révolution* autour d'une direction de droite définie par ses paramètres directeurs : nous voulons dire par là que chaque composante d'un tel tenseur reste invariante si l'on fait subir aux axes de coordonnées une rotation quelconque autour de la droite.

1° La parité du nombre de dimensions influe profondément sur la construction des tenseurs isotropes.

Dans le plan à deux dimensions tout tenseur isotrope d'ordre impair est nul.

Tout tenseur isotrope d'ordre 2 y est de la forme

$$A\delta_{ij} + B\varepsilon_{ij},$$

où ε_{ij} est le *tenseur d'orientation* du plan ([2])

$$\varepsilon_{11} = \varepsilon_{22} = 0, \qquad \varepsilon_{12} = -\varepsilon_{21} = 1.$$

Tout tenseur isotrope d'ordre 4 est de la forme ([3])

$$A_1\,\delta_{ij}\,\delta_{kl} + A_2\,\delta_{ik}\,\delta_{jl} + A_3\,\delta_{il}\,\delta_{jk} + B_1\,\varepsilon_{li}\,\delta_{jk} + B_2\,\varepsilon_{lj}\,\delta_{ik} + B_3\,\varepsilon_{lk}\,\delta_{ij},$$

où les A et B sont 6 constantes arbitraires.

Ces expressions sont plus compliquées que celles de l'espace à trois dimensions : il y coexiste des termes *retournables* et des termes changeant de signe par retournement. Si l'on développe pour des milieux continus bidimensionnels des théories analogues à celle de la viscosité, la réduction classique du nombre des coefficients à deux ne peut alors être obtenue qu'en invoquant, outre l'isotropie, la *retournabilité*.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1734-1735.

([2]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1472-1474.

([3]) Il se présente là une circonstance semblable à celle que nous signalions dans le cas de trois dimensions : les expressions de la forme $\varepsilon_{lk}\delta_{ij}$, avec diverses dispositions des indices, affectent 6 formes distinctes, mais liées essentiellement par 3 relations linéaires, de sorte que leur combinaison linéaire la plus générale s'exprime, d'une manière ou de l'autre, avec 3 paramètres effectifs seulement.

2° Si l'on considère maintenant, *dans l'espace à trois dimensions*, une direction D de paramètres directeurs α_1, α_2, α_3, on a pour les tenseurs de révolution autour de D les expressions suivantes :

Ordre 1 :

$$A\alpha_i \quad \text{(vecteur colinéaire à D)}.$$

Ordre 2 :

$$A\,\delta_{ij} + B\alpha_m\varepsilon_{mij} + C\alpha_i\alpha_j,$$

ε étant le tenseur d'orientation de l'espace.

Ordre 3 :

$$A_1\alpha_i\delta_{jk} + A_2\alpha_j\delta_{ki} + A_3\alpha_k\delta_{ij} + B_1\alpha_i\alpha_m\varepsilon_{mjk} + B_2\alpha_j\alpha_m\varepsilon_{mki} + B_3\alpha_k\alpha_m\varepsilon_{mij} + C\alpha_i\alpha_j\alpha_k,$$

où les A, B, C sont 7 constantes arbitraires.

Ordre 4 :

$$\begin{aligned}A_1\,\delta_{ij}\,\delta_{kl} + A_2\,\delta_{ik}\,\delta_{jl} + A_3\,\delta_{il}\,\delta_{jk} + B_1\alpha_m\varepsilon_{mli}\,\delta_{jk} + B_2\alpha_m\varepsilon_{mlj}\,\delta_{ik} + B_3\alpha_m\varepsilon_{mlk}\,\delta_{ij}\\ + \alpha_i\alpha_j(C_1\,\delta_{kl} + D_1\alpha_m\varepsilon_{mkl}) + \alpha_i\alpha_k(C_2\,\delta_{jl} + D_2\alpha_m\varepsilon_{mjl})\\ + \alpha_i\alpha_l(C_3\,\delta_{jk} + D_3\alpha_m\varepsilon_{mjk}) + \alpha_j\alpha_k(C_4\,\delta_{il} + D_4\alpha_m\varepsilon_{mil})\\ + \alpha_j\alpha_l(C_5\,\delta_{ik} + D_5\alpha_m\varepsilon_{mik}) + \alpha_k\alpha_l(C_6\,\delta_{ij} + D_6\alpha_m\varepsilon_{mij}) + E\alpha_i\alpha_j\alpha_k\alpha_l\end{aligned}$$

avec 19 constantes arbitraires effectives.

Indiquons encore ici ce résultat :

Tout tenseur de l'espace à trois dimensions qui est de révolution autour de deux directions distinctes est isotrope.

GÉNÉTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une loi d'union sélective dépendant de l'écart entre la valeur d'un caractère et une valeur optimum.* Note (*) de M. **Henri Marchand**, présentée par M. Émile Borel.

Soient H un caractère mesurable et Π_i la fréquence dans une population très nombreuse des individus chez lesquels H a la valeur centrée y_i; la fréquence des couples formés d'individus de valeurs respectives y_1 et y_2 serait dans le cas du random mating $\Pi_1\,\Pi_2$. Nons nous proposons d'étudier l'évolution de la population en supposant que la fréquence de tels couples est

$$(1) \qquad \Pi_1\,\Pi_2(1 + \mu y_1 + \mu y_2),$$

μ étant un coefficient petit.

La fréquence totale des unions entre individus de deux catégories de fréquences respectives $\Pi' = \Sigma'\Pi_1$ et $\Pi'' = \Sigma''\Pi_2$ est alors donnée par l'expression

$$(2) \qquad \Pi'\Pi''(1 + \mu y' + \mu y''),$$

(*) Séance du 6 novembre 1950.

où y' et y'' sont les valeurs moyennes de y dans chaque catégorie. Nous représenterons l'expression (2) par le produit symbolique

$$\Pi' \star \Pi''.$$

On voit facilement que ce produit symbolique, évidemment commutatif, est également distributif.

La loi d'union adoptée est sélective : la fréquence d'accouplement entre un individu de fréquence Π_1 et de valeur y_1 et un individu quelconque de la population ($\Pi''=1$; $y''=0$) est égale à $\Pi_1(1+\mu y_1)$ et non à Π_1. Tous les individus n'ont donc pas la même probabilité de trouver des conjoints.

Classons les individus suivant les trois phases d'un facteur déterminé. Soient P, 2Q, R les fréquences respectives des trois génotypes AA, A*a*, *aa* dans une génération déterminée, I, J, K les valeurs moyennes de y dans ces trois catégories, p et q les fréquences des gènes A et a. Posons

$$T=\frac{PI+QJ}{p}; \qquad S=\frac{QJ+RK}{q}.$$

Représentons par des lettres accentuées P', Q' ... les quantités analogues dans la génération suivante. Si nous supposons que tous les couples ont la même fécondité, nous obtenons :

$$(3)\qquad \begin{cases} P'=p\star p=p^2(1+2\mu T), \\ 2Q'=2p\star q=2pq(1+\mu T+\mu S), \\ R'=q\star q=q^2(1+2\mu S) \end{cases}$$

et

$$(4)\qquad p'=P'+Q'=p(1+\mu T), \qquad q'=Q'+R'=q(1+\mu S).$$

D'où la variation Δp de p d'une génération à la suivante :

$$(5)\qquad \Delta p=p'-p=\mu p T.$$

Les relations (3) et (4) montrent que

$$(6)\qquad p'^2=P'+O(\mu^2), \qquad 2p'q'=2Q'+O(\mu^2), \qquad q'^2=R'+O(\mu^2).$$

Nous supposerons désormais que μ est suffisamment petit pour que μ^2 soit négligeable. Avec cette approximation, la loi de Hardy ($P=p^2$, $Q=pq$, $R=q^2$) est donc vérifiée.

Précisons maintenant le caractère H envisagé : Soit (S) un caractère primaire; H sera un caractère secondaire mesuré par le carré changé de signe de l'écart de (S) avec une valeur optimum (O). Le paramètre μ est >0, l'individu éloigné de l'optimum étant défavorisé. Soient 2α, $\alpha(1+d)$ et O les valeurs

de (S) correspondant respectivement aux trois génotypes, d étant un coefficient caractérisant le degré de dominance ($0 \leq d \leq 1$).

En posant

$$(7) \qquad h = \underline{O}/\alpha - 1, \qquad \beta = \frac{1}{2} - \frac{h}{d^2 - 2dh - 1}, \qquad k = -2\mu\alpha^2(d^2 - 2dh - 1).$$

On obtient

$$(8) \qquad \Delta p = kp(p-1)(p-\beta) \qquad \left(\text{si } h \neq \frac{d^2-1}{2d}\right).$$

Si $h < (d^2-1)/2d$ ou $(d^2-1)/2d < h \leq (d-1)/2$: Δp est < 0 ; p tend vers zéro. Il y a fixation asymptotique du gène a.

Si $(d-1)/2 < h < (d+1)/2$: Δp a le signe de $-(p-\beta)$, quantité qui tend vers zéro. Il y a une répartition asymptotique des gènes avec coexistence des deux allèles, la fréquence limite du gène A étant β.

Si $h \geq (d+1)/2$: Δp est > 0. $(1-p)$ tend vers zéro. Il y a fixation asymptotique du gène A.

Si $h = (d^2-1)/2d$ ($d \neq 1$), le paramètre β n'existe pas. On trouve

$$\Delta p = -2\mu\alpha^2 hp(p-1).$$

Δp est < 0 : il y a encore fixation asymptotique du gène a.

Cas de la dominance complète $d = 1$. — On a alors $\beta = 1$. Il y a donc toujours fixation asymptotique de l'un des gènes, excepté si $h = 0$; dans ce cas Δp est constamment nul et la population est en équilibre instable.

L'optimum $\underline{O}$ dépend en particulier de l'état du milieu environnant. Une modification dans ce milieu peut entraîner une variation de $\underline{O}$. Si initialement la population est en équilibre, celui-ci sera rompu ; si la variation de $\underline{O}$ est faible, la population évoluera vers un nouvel état d'équilibre où les deux allèles coexisteront ; mais si la variation est telle que h devienne extérieur à l'intervalle $(d-1/2,\ d+1/2)$, elle peut entraîner la disparition de l'un des allèles. Ce phénomène peut se produire lors du déplacement d'une population initialement en équilibre, en un point où les conditions de milieu sont différentes.

On peut même envisager le cas limite, d'un caractère à dominance complète et d'une population en équilbre instable ($d = 1$; $h = 0$) : Deux fractions de cette population, transplantées dans des milieux même très voisins, pourront évoluer respectivement vers la fixation des deux allèles différents si les variations de l'optimum dues aux déplacements sont de sens contraire.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur le calcul élémentaire des coefficients caractéristiques du fonctionnement d'un turbo-réacteur pour les hauts régimes (sortie sonique).* Note (*) de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Joseph Pérès.

Dans le cas d'une sortie sonique et moyennant quelques approximations, la température totale à l'entrée du distributeur de turbine est proportionnelle au carré de la vitesse de rotation. Il est aisé d'en déduire l'expression des coefficients caractéristiques du fonctionnement du turboréacteur.

Le calcul est effectué avec les approximations suivantes :

L'air et les gaz en écoulement à travers le turbo-réacteur sont assimilés à des gaz parfaits ($\gamma_{air}=1,4$; $\gamma_{gaz}=1,33$) et l'écoulement est supposé unidimensionnel.

L'écoulement est sonique à travers la section droite de sortie de la buse d'éjection S_6 et à travers la gorge du distributeur de turbine S_4.

Les grandeurs statiques sont supposées égales aux grandeurs réservoirs partout où le nombre de Mach est de l'ordre de 0,5 ou inférieur à 0,5.

On tient compte des pertes de charge et des pertes de chaleur en utilisant des coefficients de rendement.

Une première relation est obtenue en écrivant que la masse traversant S_6 est égale à celle traversant le col du distributeur, soit

$$\frac{p_{5_0}}{p_{3_0}}\left(\frac{T_{3_0}}{T_{5_0}}\right)^{\frac{1}{2}}=\frac{S_4}{S_6}, \tag{1}$$

avec p_{3_0} et T_{3_0}, la pression et la température réservoirs à la sortie des chambres de combustion et p_{5_0}, T_{5_0}, celles à la sortie de la turbine.

Mais l'équation d'équilibre compresseur-turbine s'écrit

$$C_{p_a}(T_{2_0}-T_{1_0})=(1+i)\,C_{p_g}(T_{3_0}-T_{5_0}), \tag{2}$$

avec C_{p_a} et C_{p_g} les chaleurs spécifiques à pression constante de l'air et des gaz [1], T_{1_0} et T_{2_0} les températures réservoir à l'entrée du compresseur et à l'entrée des chambres de combustion, et i la masse de combustible ajoutée à l'unité de masse d'air.

Cependant si σ désigne le facteur de glissement du compresseur supposé centrifuge, on a évidemment

$$T_{2_0}=T_{1_0}\left(1+\frac{\sigma\pi^2 n^2 d^2}{C_{p_a}T_{1_0}}\right), \tag{3}$$

avec n la vitesse de rotation du moteur en tours-seconde, et d le diamètre du rouet du compresseur.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Exprimées en unités mécaniques.

Combinant (2) et (3) il vient

$$(4)\qquad \frac{T_{5_0}}{T_{3_0}} = 1 - \frac{\sigma\pi^2 d^2}{(1+i)C_{p_g}} \frac{n^2}{T_{3_0}}.$$

En introduisant pour la turbine le rendement polytropique tel qu'il a été défini en 1935 par Crocco, il vient alors

$$(5)\qquad \frac{p_{5_0}}{p_{3_0}} = \left[1 - \frac{\sigma\pi^2 d^2}{(1+i)C_{p_g}} \frac{n^2}{T_{3_0}}\right]^{\frac{\gamma_g}{\eta_t(\gamma_g-1)}}, \qquad \text{avec } \gamma_g = \left(\frac{C_p}{C_v}\right)_{\text{gaz}}.$$

Combinant (4), (5) et (1) il vient l'équation fondamentale du calcul

$$(6)\qquad \left[1 - \frac{\sigma\pi^2 d^2}{(1+i)C_{p_g}} \frac{n^2}{T_{3_0}}\right]^{\frac{2\gamma_g - \eta_t(\gamma_g-1)}{2\eta_t(\gamma_g-1)}} = \frac{S_4}{S_6} = \text{const.}$$

(6) montre qu'avec l'hypothèse η_t et i constants, la température réservoir à la sortie des chambres de combustion est proportionnelle au carré de la vitesse de rotation.

A partir de cette relation et de la relation

$$(7)\qquad \frac{p_{2_0}}{p_{1_0}} = \left(\frac{T_{2_0}}{T_{1_0}}\right)^{3,5\eta_c},$$

avec η_c le rendement polytropique du compresseur et p_{1_0} et p_{2_0} les pressions totales à l'entrée du compresseur et à l'entrée des chambres de combustion, il est aisé d'établir l'expression des coefficients caractéristiques du turboréacteur.

Soit

$$a = \frac{m\sqrt{T_{1_0}}}{p_{1_0}} \qquad \text{(coefficient de débit-masse d'air);}$$

$$b = \frac{Q}{p_{1_0}\sqrt{T_{1_0}}} \qquad \text{(coefficient de débit de quantité de chaleur),}$$

$$c = \frac{P_b}{S_6 p_6} \qquad \text{(coefficient de poussée brute)}$$

et

$$d = \frac{T_{5_0}}{T_{1_0}}.$$

On a ainsi en particulier

$$(8)\qquad d = \left[1 - \frac{1}{(1+i)k^2}\right] \frac{\sigma k^2 \pi^2 d^2}{C_{p_g}} \frac{n^2}{T_{1_0}}$$

$$(9)\qquad a = \frac{\lambda}{k\pi d}\left(\frac{C_{p_g}}{\sigma}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{n}{\sqrt{T_{1_0}}}\right)^{-1};$$

$$(10)\qquad b = \lambda k\pi (C_{p_g}\sigma)^{\frac{1}{2}}\left[\left(1 - \frac{1,15}{k^2}\right) - \frac{C_{p_g}}{\sigma k^2 \pi d^2} \frac{T_{1_0}}{n^2}\right] \frac{n}{\sqrt{T_{1_0}}}, \qquad \text{avec } k^2 = \frac{C_{p_g} T_{3_0}}{\sigma\pi d^2 n^2},$$

R_g la constante des gaz, $C_{p_g}/C_{p_a} = 1,15$, et

$$\lambda = \frac{S_4}{1+i}\left(\frac{\gamma_g}{R_g}\right)^{\frac{1}{2}}\left(\frac{2}{\gamma_g+1}\right)^{\frac{\gamma_g+1}{2(\gamma_g-1)}}\left(1+\frac{\sigma\pi^2 d^2}{C_{p_a}}\frac{n^2}{T_{1_0}}\right)^{3,5\eta_c}.$$

Les courbes des performances prévues pour les moteurs H. S. Nène, établies par M. Raoul Bastié, Ingénieur à la Société Hispano-Suiza, d'après les données de Rolls Royce, permettent de calculer sans difficultés pour ces moteurs, en utilisant en particulier (6) et (10), les paramètres σ, k, η_t et η_c et de confronter les expressions des coefficients caractéristiques avec l'expérience.

Le calcul montre la concordance des expressions théoriques avec l'expérience à 2 % près, lorsque la sortie est sonique.

ASTRONOMIE. — *Sur la variation saisonnière de la rotation de la Terre.* Note de M. **Anton Bilimovitch**, présentée par M. André Danjon.

M. N. Stoyko ([1]), d'une étude de la marche des horloges à quartz et des pendules pendant cinq années (1934-1937 et 1946-1947), a conclu que la vitesse de la rotation de la Terre a une variation saisonnière et a trouvé une vitesse plus grande entre les mois de juin et de novembre et plus petite pendant le reste de l'année que la vitesse moyenne journalière. En même temps N. Stoyko ([2]), en analysant l'influence de la variation du rayon terrestre, a constaté que par cette influence on ne peut expliquer qu'un quart du terme annuel et que le reste pourrait être expliqué par la variation des conditions météorologiques. Le but de cette Note est d'analyser l'influence des conditions météorologiques sur la rotation de la Terre.

L'accroissement $\Delta\Omega$ de la vitesse angulaire Ω de la Terre et le décroissement $\Delta\mathcal{J}$ du moment d'inertie $\mathcal{J}$ sont liés, d'après le théorème du moment cinétique, par la relation suivante :

$$\frac{\Delta\mathcal{J}}{\mathcal{J}} = \frac{\Delta\Omega}{\Omega} = \frac{n}{864}\times 10^{-5} = k,$$

où n est le décroissement du jour sidéral exprimé en millièmes de seconde. La cause du changement du moment d'inertie est à attribuer au déplacement, sous l'influence de la radiation solaire, des masses sur la surface de la Terre. Ces masses peuvent être classées en deux catégories : les masses libres de l'eau (m_α) et de l'air (m_β), et les masses non libres (m_γ), à savoir celles qui restent liées au sol après le déplacement et, par conséquent, peuvent s'accumuler. Il est naturel d'admettre que les masses libres, sorties de leur état

---

([1]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 39 et 205, 1937, p. 79; *Bull. cl. Sc. Acad. roy. Belgique*, 5e série, 35, 1949, p. 669; *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 514.

([2]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 620.

stationnaire sous les actions thermiques, animées de tendance à l'équilibre mécanique, ne peuvent pas donner lieu aux changements considérables de longue durée dans la distribution des masses sur la surface de la Terre. Les recherches des savants belges ([3]), concernant les masses m_β, montrent l'impossibilité pour les masses de l'air de changer sensiblement la rotation de la Terre; dans leurs calculs détaillés ([4]) nous trouvons $k = 4.10^{-10}$, c'est-à-dire $n = 0,03456$ ou, approximativement, 3,46 % du résultat de M. Stoyko.

Les masses de l'eau douées d'une mobilité plus petite que celle des masses de l'air, sont susceptibles de fournir une valeur plus grande du rapport k. Aussi l'étude de déplacement des masses m_α mérite-t-elle une attention particulière. Malheureusement, nous ne disposions pas de données nécessaires pour effectuer cette analyse. Il nous semble possible que les masses non libres m_γ donnent une plus grande variation de rotation de la Terre. C'est pour cette raison que dans ce qui suivra nous allons analyser le rôle de ces masses.

En partant de la valeur de la radiation solaire pour chaque zone de dix degrés de latitude pour laquelle nous empruntons les données à Napier Shaw ([5]), nous partagerons la surface de la Terre en deux domaines : S_A, l'hémisphère Nord et la partie de l'hémisphère Sud jusqu'à 30° de latitude Sud; et S_B, le reste de la surface de la Terre. Pendant la période chaude, sous l'influence de la radiation solaire, les masses de l'eau m_γ se transportent de S_A à S_B, où ces masses se déposent et même forment un continent de glace qui de 14 170 000 km² augmente jusqu'à 45 000 000 km² ([6]). En admettant la quantité d'eau qui s'évapore de la surface S_A proportionnelle à la surface du sol et à la quantité de radiation de chaque zone, et le dépôt dans le domaine S_B fonction de la surface et du manque de cette radiation, nous avons déduit de notre schéma les trois équations suivantes :

$$5,76.10^{15}\mu = h, \qquad \mathcal{H} = 2,7h, \qquad n = 1,54.10^{14}\mu,$$

μ étant le coefficient à éliminer, correspondant à la quantité d'eau en grammes qui s'évapore sous l'influence d'énergie d'un erg, h l'épaisseur moyenne de la couche d'eau qui se transporte du domaine S_A et $\mathcal{H}$ l'épaisseur moyenne de la couche du domaine S_B. En admettant, pour fixer les idées, que par le transport des masses m_γ on ne peut expliquer que $0^s,001$ ($n = 1$) du changement du jour sidéral, nous trouvons $h \approx 37^{cm}$ et $\mathcal{H} \approx 100^{cm}$. Ces nombres sont en bon accord avec les résultats des observations météorologiques. Par exemple, on sait que dans l'Antarctique s'accumulent les montagnes de glace et de neige qui, avec

---

([3]) F. H. VAN DEN DUNGEN, J. F. COX et J. VAN MIEGHEM, *Bull. cl. Sc. Acad. roy. Belgique*, 5e série, 35, 1949, p. 642.

([4]) M. LAURENT, *Ibid.*, p. 1125 et 36, p. 138.

([5]) *Manuel of Meteorology*, Vol. II. Cambridge, 1928, p. 4-5.

([6]) *Ibid.*, p. 9.

l'arrivée de la saison chaude, couvrent la surface de l'océan par les icebergs. D'autre part, en faisant intervenir, pour le domaine S_A, les données approximatives des agronomes et forestiers, relatives à l'évaporation et transpiration pendant la saison de végétation, on aura pour les forêts 40 — 50^{cm}, pour les champs 40 — 50 — 60^{cm}. Ces nombres expriment les épaisseurs des couches équivalentes d'eau. Les tables avec les diverses données et calculs ayant servi de base aux résultats énoncés paraîtront dans les éditions de l'Académie serbe des Sciences.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la diffusion des mésons* π *par les nucléons*. Note de MM. **Maurice Jean** et **Jacques Prentki**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les belles expériences de Berkeley ([1]) sur l'absorption des mésons π par l'hydrogène ont renouvelé l'intérêt de l'étude de la diffusion des mésons π par les nucléons. Dans une précédente Note ([2]) nous avons examiné le cas du méson pseudoscalaire. Nous étendons ici cette étude au cas général de mésons de spin 0, laissant de côté les mésons de spin 1 en raison des résultats expérimentaux et théoriques en faveur d'une théorie mésique de spin 0 ([3]). Nous utilisons, comme en (I), la théorie symétrique de Kemmer et le formalisme de Schwinger. Par un calcul analogue à (I) on déduit les sections efficaces différentielles de la diffusion dans les cas : (II) $\pi_{sc} \to \pi_{sc}$ et (III) $\pi_{sc} \rightleftharpoons \pi_{ps}$. La méthode utilisée permet d'obtenir en une formule unique tous les cas possibles de diffusion compatibles avec la loi de conservation de la charge totale. Dans le système barycentrique on a

$$\text{(III)}\quad d\Sigma = \frac{d\Omega}{32\pi^2(p_0+q_0)^2}\Big\{[B_{sp}^2(\xi Q+\eta Q')^2 + C_{sp}^2(\xi-\eta)^2]\left(\alpha\vec{q}^{\,2}\cos\theta+\beta-2\varkappa_N^2\varkappa^2\right) + [2B_{sp}D_{sp}\varkappa_N(\xi+\eta)(\xi Q+\eta Q') + (A_{sp}^2+2A_{sp}C_{sp}\varkappa_N)(\xi-\eta)^2 + D_{sp}^2(\xi+\eta)^2]\,\vec{q}^{\,2}(1-\cos\theta)\Big\}$$

avec

$$A_{sp} = \frac{f_1 g_2}{\hbar c\varkappa},\qquad B_{sp} = \frac{-g_1 f_1(1+g)}{\hbar c},\qquad C_{sp} = \frac{g_2 f_2}{\hbar c\varkappa^2}\quad\text{et}\quad D_{sp} = \frac{g_1 f_2}{\hbar c\varkappa};$$

g_1 et g_2 (f_1 et f_2) sont les constantes de couplage [suivant Möller et Rosenfeld ([4])] du méson scalaire (pseudoscalaire) avec les nucléons. Les grandeurs non définies ici le sont en (I).

([1]) W. K. H. Panofsky, L. Aamodt et H. F. York, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 825; W. K. H. Panofsky, L. Aamodt, J. Hadley et R. Phillips, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 94.

([2]) M. Jean et J. Prentki, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 365. Ce travail sera désigné par (I).

([3]) *Voir* par exemple H. Yukawa, *Rev. Mod. Phys.*, 21, 1949, p. 474.

([4]) *Det. Kgl, Vid. Dansk.*, 17, 1940 n° 8.

Des formules équivalentes à celles que nous avions établies en (I) et au résultat (II) ont été obtenues par J. Ashkin, A. Simon et R. Marshak ([5]). Ces deux cas ont été amplement discutés par ces auteurs. Nous nous bornerons donc à discuter le cas (III).

Deux approximations intéressantes se présentent :

A. L'approximation E. R. où $\vec{q}^2 \gg \varkappa_N$, avec les possibilités suivantes :

1° $f_2 = g_2 = 0$, alors

$$\sum = \frac{1}{32\pi}\left(\frac{f_1 g_1}{\hbar c}\right)^2 \frac{1}{\vec{q}^2}\left(\frac{\xi^2}{4} \text{ ou } \eta^2 \operatorname{Log}\frac{2|\vec{q}|}{\varkappa_N}\right)$$

suivant que $\eta =$ ou $\neq 0$. Ce résultat, ainsi que les distributions angulaires, sont en tous points (à part la constante de couplage) analogues à ceux de la diffusion du π_{ps} avec $f_2 = 0$ et du π_{sc} avec $g_2 = 0$.

2° $f_1 = g_1 = 0$:

$$\sum = \frac{1}{8\pi}\left(\frac{f_2 g_2}{\hbar c}\right)^2 \frac{\vec{q}^2}{\varkappa^4}(\xi - \eta)^2.$$

La distribution angulaire est en $(1 + \cos\Theta)$. Pour $\xi = \eta$ ($\pi^0 \to \pi^0$ avec changement de parité) la section efficace est nulle dans la théorie symétrique, ceci indépendamment de l'approximation considérée.

3° $f_2 = g_1 = 0$:

$$\sum = \frac{1}{32\pi}\left(\frac{f_1 g_2}{\hbar c}\right)^2 \frac{1}{\varkappa^2}(\xi - \eta)^2.$$

La distribution angulaire est en $(1 - \cos\Theta)$. Il n'y a pas de diffusion de méson neutre en méson neutre.

4° $f_1 = g_2 = 0$:

$$\sum = \frac{1}{32\pi}\left(\frac{g_1 f_2}{\hbar c}\right)^2 \frac{1}{\varkappa^2}(\xi + \eta)^2$$

et lorsque $\xi = -\eta$:

$$\sum = \frac{1}{8\pi}\left(\frac{g_1 f_2}{\hbar c}\right)^2 \frac{\varkappa_N^2}{\varkappa^2 \vec{q}^2}\eta^2 \operatorname{Log}\frac{2|\vec{q}|}{\varkappa_N}.$$

Contrairement aux cas 2° et 3° la diffusion $\pi^0 \to \pi^0$ est favorisée par rapport à la diffusion avec échange de charge.

B. L'approximation E. N. R. avec $\vec{q}^2 \to 0$. Contrairement aux cas des diffusions sans changement de parité où les sections efficaces tendent vers une limite non nulle et où les distributions angulaires sont isotropes, on trouve ici des distributions angulaires plutôt compliquées et $\Sigma \sim \vec{q}^2$, donc tendant vers zéro avec $\vec{q}^2$. Ce dernier point est de grande importance en vue des expériences ([1]).

([5]) M. J. Ashkin nous a communiqué ses résultats avant publication.

En effet l'absorption du méson π^- dans l'hydrogène avec émission des deux bandes de γ au voisinage de 65 et 130 MeV indique que les sections efficaces de $\pi^- + P \rightarrow \pi^0 + N$ et de $\pi^- + P \rightarrow \gamma + N$ sont du même ordre. On peut en conclure (si l'on rejette des constantes d'interaction du type $f^2/4\pi\hbar c$ trop grandes) que l'on a une diffusion sans changement de parité [6]. Étant donné les indications [7] concernant le caractère pseudo-scalaire du méson chargé, ceci conduit à penser que le méson neutre est aussi pseudo-scalaire, ce qui concorde bien avec l'ensemble des faits connus au sujet de ce méson [8].

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la théorie quantique du bremsstrahlung.* Note de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Expression générale de la section efficace correspondant au phénomène de bremsstrahlung dans lequel le couplage coulombien exercé par un champ C de spin 0 ou $\hbar$ entre deux particules de spin $\hbar/2$ est accompagné de l'émission d'un quantum d'un champ C_0 de spin 0 ou $\hbar$. Calcul complet dans le cas où C_0 et C sont tous deux de type pseudo-scalaire.

La théorie quantique du bremsstrahlung ou rayonnement de freinage représente ce phénomène par le schéma suivant : deux particules (1) et (2) représentées initialement par des ondes planes monochromatiques d'énergie, impulsion et masse réduites K_1, $\mathbf{K}_1$, μ_1, K_2, $\mathbf{K}_2$, μ_2 entrent en interaction dans un processus de choc au cours duquel, d'une part, ils échangent les quanta d'un champ C constitué par des particules neutres ou chargées de spin 0 ou $\hbar$, de masse propre μ_c représentées par des fonctions d'ondes d'un type tensoriel déterminé, cet échange réalisant un couplage coulombien généralisé, et, d'autre part, un quantum k, $\mathbf{k}$, μ_0 d'un champ C_0 de spin 0 ou $\hbar$ est émis. Dans l'état final, les particules (1) et (2) se trouvent dans les états (1′) et (2′) représentés par des ondes planes avec les paramètres $K_{1'}$, $\mathbf{K}_{1'}$, $\mu_{1'}$, $K_{2'}$, $\mathbf{K}_{2'}$, $\mu_{2'}$.

La conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement dans le processus global nous donne les relations

$$K_1 + K_2 = K_{1'} + K_{2'} + k, \qquad \mathbf{K}_1 + \mathbf{K}_2 = \mathbf{K}_{1'} + \mathbf{K}_{2'} + \mathbf{k}.$$

Nous introduisons les notations

$$[K_m K_n] = - K_m K_n + (\mathbf{K}_m \mathbf{K}_n) \qquad (m, n = 1, 1', 2, 2')$$
$$q_{mn} = [K_m K_n] + \mu_m \mu_n; \qquad G_{mn} = 2 q_{mn} + (\mu_m - \mu_n)^2 - \mu_0^2.$$

---

[6] Des résultats semblables ont été obtenus par R. E. Marshak, S. Tamor et A. S. Wightman.

[7] *Voir* par exemple K. A. Brueckner, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 641 ; P. Benoist-Gueutal, J. Prentki et J. Ratier, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1146; *Journ. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 553.

[8] *Voir* par exemple J. Steinberger, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1180 et autres.

Désignant par $\bar{1}$, $\bar{2}$, $\bar{1}'$, $\bar{2}'$ les états intermédiaires suivant ou précédant l'émission du quantum C_0, nous écrivons

$$H^{(1)\pm}_{i\bar{j}} = g_0 \left(\frac{\hbar c}{2k}\right)^{\frac{1}{2}} (\Omega_0)_{i\bar{j}},$$

où $H^{(1)\pm}_{\bar{i}'j}$ est l'élément de matrice d'émission de C_0 et

$$\mathcal{H}_{\bar{i}j,m'n'} = g_{\bar{i}} g_j (\mu_j^2 + \mu_{n'}^2 + 2[K_j K_{n'}] - \mu_c^2)^{-1} (\omega_\lambda)_{\bar{i}m'} (\omega^\lambda)_{jn'} = g_{\bar{i}} g_j (G_{jn'})^{-1} (\omega_\lambda)_{\bar{i}m'} (\omega^\lambda)_{jn'}$$

est l'élément de matrice de l'interaction coulombienne généralisée, $(\omega_\lambda)_{\bar{i}m'}(\omega^\lambda)_{jn}$, représentant une forme covariante construite sur les grandeurs intrinsèques des particules et dépendant du type tensoriel du champ C.

Posant

$$\Delta_i = K_i - K_{\bar{i}} - k, \qquad \Delta_{\bar{i}'} = K_{i'} - K_{\bar{i}'} + k \qquad [(i = 1, 2), (i' = 1, 2)],$$

nous avons

$$\begin{aligned} H'^{(l)}_{Br} = (\hbar c)^{-1} \{ & (\Delta_1)^{-1} H^{(1)+}_{1\bar{1}} [a_1 (\mathcal{H})_{\bar{1}2, 1'2'} - b_1 (\mathcal{H})_{\bar{1}2, 2'1'}] \\ & + (\Delta_{1'})^{-1} [a_{1'} (\mathcal{H})_{12, \bar{1}'2'} - b_{1'} (\mathcal{H})_{12, 2'\bar{1}'}] H^{(1)+}_{\bar{1}'1'} \\ & + (\Delta_2)^{-1} H^{(1)+}_{2\bar{2}} [a_2 (\mathcal{H})_{1\bar{2}, 1'2'} - b_2 (\mathcal{H})_{1\bar{2}, 2'1'}] \\ & + (\Delta_{2'})^{-1} [a_{2'} (\mathcal{H})_{12, 1'\bar{2}'} - b_{2'} (\mathcal{H})_{12, \bar{2}'1'}] H^{(1)+}_{\bar{2}'2'} \}. \end{aligned}$$

Éliminant dans les dénominateurs Δ_i et $\Delta_{i'}$ les énergies intermédiaires $K_{\bar{i}}$, $K_{\bar{i}'}$, et en admettant que

$$\mu_1 - \mu_{\bar{1}} = \mu_2 - \mu_{\bar{2}} = \mu_{\bar{1}'} - \mu_{1'} = \mu_{\bar{2}'} - \mu_{2'} = \delta_0,$$

posant

$$\begin{aligned} [kK_i] + \delta_0 \mu_i = q_{0i}, & \qquad [kK_{i'}] + \delta_0 \mu_{i'} = q_{0i'}, \\ D_i = \mu_i^2 - \mu_{\bar{i}}^2 + \mu_0^2 + 2[kK_i] & = \mu_0^2 - \delta_0^2 + 2q_{0i} \\ D_{i'} = \mu_{i'}^2 - \mu_{\bar{i}'}^2 + \mu_0^2 - 2[kK_{i'}] & = \mu_0^2 - \delta_0^2 - 2q_{0i'} \\ S_i = [K_i - (\mathbf{K}_i \boldsymbol{\alpha}) - \mu_i \alpha_4] & - [k - (\mathbf{k} \boldsymbol{\alpha}) - \delta_0 \alpha_4]; \\ S_{\bar{i}'} = [K_{i'} - (\mathbf{K}_{i'} \boldsymbol{\alpha}) - \mu_{i'} \alpha_4] & + [k - (\mathbf{k} \boldsymbol{\alpha}) - \delta_0 \alpha_4], \end{aligned}$$

l'élément de matrice $H'^{(1)}$ s'écrit

$$\begin{aligned} H'^{(1)}_{Br} = & (2\hbar ck)^{-\frac{1}{2}} g_0 \\ \times \{ & (D_1 G_{22'})^{-1} g_{\bar{1}} g_2 a_1 (\Omega_0 S_{\bar{1}} \omega_\lambda)_{11'} (\omega^\lambda)_{22'} - (D_1 G_{21'})^{-1} g_{\bar{1}} g_2 b_1 (\Omega_0 S_{\bar{1}} \omega_\lambda)_{12'} (\omega^\lambda)_{21'} \\ & + (D_{1'} G_{22'})^{-1} g_1 g_2 a_{1'} (\omega_\lambda S_{\bar{1}'} \Omega_0)_{11'} (\omega^\lambda)_{22'} - (D_{1'} G_{12'})^{-1} g_1 g_2 b_{1'} (\omega_\lambda S_{\bar{1}'} \Omega_0)_{21'} (\omega^\lambda)_{12'} \\ & + (D_2 G_{11'})^{-1} g_{\bar{2}} g_1 a_2 (\Omega_0 S_{\bar{2}} \omega_\lambda)_{22'} (\omega^\lambda)_{11'} - (D_2 G_{12'})^{-1} g_{\bar{2}} g_1 b_2 (\Omega_0 S_{\bar{2}} \omega_\lambda)_{21'} (\omega^\lambda)_{12'} \\ & + (D_{2'} G_{11'})^{-1} g_1 g_2 a_{2'} (\omega_\lambda S_{\bar{2}'} \Omega_0)_{22'} (\omega^\lambda)_{11'} - (D_{2'} G_{21'})^{-1} g_1 g_2 b_{2'} (\omega_\lambda S_{\bar{2}'} \Omega_0)_{12'} (\omega^\lambda)_{21'} \}. \end{aligned}$$

a_1, a_2, $a_{1'}$, $a_{2'}$, b_1, b_2, $b_{1'}$, $b_{2'}$ sont des facteurs numériques prenant les valeurs 0 ou 1 suivant le caractère neutre ou chargé des champs C_0 et C, les charges des états (1), (2), (1'), (2') et la conservation ou la non-conservation de l'individualité des corpuscules dans le processus. Si les champs C_0 et C_1 sont neutres, on a $a_1 = a_2 = a_{1'} = a_{2'} = 1$ et si l'individualité des corpuscules est conservée $b_1 = b_2 = b_{1'} = b_{2'} = 0$, dans le cas contraire $b_1 = b_2 = b_{1'} = b_{2'} = 1$.

Le calcul de la section efficace de bremsstrahlung

$$d\sigma = n_{C_0}(2\hbar c)^{-3}([K_1 K_2]^2 - \mu_1^2 \mu_2^2)^{-\frac{1}{2}}[\mathbf{K}_{1'}(K_2 \mathbf{K}_{1'} - K_{1'} \mathbf{K}_{2'})]^{-1}$$
$$\times \overline{|H'^{(1)}|^2} K_1 K_2 K_{1'} K_{2'} |\mathbf{K}_{1'}|^3 |\mathbf{k}| k\, dk\, d\Omega_{\mathbf{K}_{1'}} d\Omega_{\mathbf{k}}$$

s'effectuera à partir de $H'^{(1)}$ en calculant $\overline{|H'^{(1)}|^2}$.

Dans le cas le plus simple où les champs C_0 et C sont tous deux pseudo-scalaires, $\Omega_0 = \alpha_5$, $\omega_\lambda = \omega^\lambda = \alpha_5$ et l'on a

$$(\Omega_0 S_{\bar{l}} \omega_\lambda)_{ij'} = (\alpha_5 S_{\bar{l}} \alpha_5)_{ij'} = -[k + (\mathbf{k}\boldsymbol{\alpha}) + \delta_0 \alpha_4]_{ij'} = -(l)_{ij'},$$
$$(\omega_\lambda S_{\bar{l}'} \Omega_0)_{ij'} = (\alpha_5 S_{\bar{l}'} \alpha_5)_{ij'} = [k + (\mathbf{k}\boldsymbol{\alpha}) + \delta_0 \alpha_4]_{ij'} = (l)_{ij'},$$
$$H'^{(1)} = g_0(2\hbar ck)^{-\frac{1}{2}}\{ g_2(G_{22'})^{-1}[a_{1'} g_1(D_{1'})^{-1} - a_1 g_{\bar{1}}(D_1)^{-1}](l)_{11'}(\alpha_5)_{22'}$$
$$+ g_1(G_{11'})^{-1}[a_{2'} g_2(D_{2'})^{-1} - a_2 g_{\bar{2}}(D_2)^{-1}](l)_{22'}(\alpha_5)_{11'}$$
$$+ g_2(G_{21'})^{-1}[b_1 g_{\bar{1}}(D_1)^{-1} - b_{2'} g_1(D_{2'})^{-1}](l)_{12'}(\alpha_5)_{21'}$$
$$+ g_1(G_{12'})^{-1}[b_2 g_{\bar{2}}(D_2)^{-1} - b_{1'} g_2(D_{1'})^{-1}](l)_{21'}(\alpha_5)_{12'}\}$$

que nous écrivons

$$H'^{(1)} = (2\hbar ck)^{-\frac{1}{2}} g_0[\lambda_1^a (l)_{11'}(\alpha_5)_{22'} + \lambda_2^a (l)_{22'}(\alpha_5)_{11'}$$
$$+ \lambda_1^b (l)_{12'}(\alpha_5)_{21'} + \lambda_2^b (l)_{21'}(\alpha_5)_{12'}].$$

A partir de cette expression nous obtenons

$$\overline{|H'^{(1)}|^2} = (16 K_1 K_2 K_{1'} K_{2'})^{-1}(2k\hbar c)^{-1} g_0^2 |S|^2$$

avec

$$|S|^2 = -16\{ q_{01} q_{01'} q_{22'} \lambda_1^a (2\lambda_1^a + \lambda_1^b + \lambda_2^b)$$
$$+ q_{02} q_{02'} q_{11'} \lambda_2^a (2\lambda_2^a + \lambda_1^b + \lambda_2^b)$$
$$+ q_{01} q_{02'} q_{21'} \lambda_1^b (2\lambda_1^b + \lambda_1^a + \lambda_2^a)$$
$$+ q_{02} q_{01'} q_{12'} \lambda_2^b (2\lambda_2^b + \lambda_2^a + \lambda_1^b)$$
$$- q_{01} q_{02} q_{1'2'}(\lambda_1^a \lambda_1^b + \lambda_2^a \lambda_2^b) - q_{01'} q_{02'} q_{12}(\lambda_1^a \lambda_2^b + \lambda_2^a \lambda_1^b)\}$$
$$- 8(\mu_0^2 - \delta_0^2)\{2 q_{11'} q_{22'}[(\lambda_1^a)^2 + (\lambda_2^a)^2] + 2 q_{12'} q_{21'}[(\lambda_1^b)^2 + (\lambda_2^b)^2]$$
$$+ (q_{11'} q_{22'} + q_{12'} q_{21'} - q_{12} q_{1'2'})(\lambda_1^a + \lambda_2^a)(\lambda_1^b + \lambda_2^b)\}.$$

PHYSIQUE DES GAZ. — *Sur la théorie d'un thermomètre à gaz, donnant la température thermodynamique, sans corrections pour imperfection du gaz.* Note (*) de M. **Jean P.-E. Duclaux**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La théorie du viriel et la pratique montrent que si P est la pression qui règne dans une enceinte de volume variable V contenant une masse constante d'un gaz maintenu à la température constante T, la quantité PV peut se représenter, tout au moins lorsque 1/V est petit, par un développement en série suivant les puissances croissantes de 1/V.

Pour les pressions de l'ordre de l'atmosphère qui règnent dans la chambre d'un thermomètre à gaz, les termes de degré supérieur à 1 sont absolument

(*) Séance du 6 novembre 1950.

négligeables et l'on peut écrire.

$$PV = RT + \frac{B}{V},$$

R étant la constante des gaz parfaits et B une fonction de la température, caractéristique du gaz.

La soi-disant *loi des états correspondants* exigerait, si elle était vérifiée, que B soit le produit d'une constante caractéristique par une fonction universelle de la température réduite (rapport de la température à la température critique).

C'est un fait connu, bien qu'il soit souvent passé sous silence, que les gaz ne suivent pas la loi des états correspondants; il semble généralement admis qu'ils devraient s'y conformer et que s'ils ne le font pas, cela est dû à l'influence de divers phénomènes secondaires.

Considérons deux gaz parfaitement normaux, *a priori*, tels que le néon et l'argon; il est très facile de vérifier, sur les données expérimentales, que les quantités B relatives aux deux gaz ne varient pas suivant la même loi en fonction de la température réduite; de même l'application de la loi des états correspondants au couple hélium-argon entraînerait que, pour ce dernier, la fonction B devrait être nulle entre 740 et 750° K, alors qu'elle l'est entre 400 et 410° K.

Je montrerai dans un travail ultérieur que, pour beaucoup de gaz tels que les gaz rares, l'azote, l'oxyde de carbone, la quantité B est la somme de deux termes : une constante caractéristique et le produit d'une constante caractéristique par une fonction universelle de la température (et non de la température réduite).

On a pour ces gaz :

$$B = -K + K' f(T),$$

K et K' étant des constantes caractéristiques.

Si B_1 est la valeur de B pour un gaz 1 à la température T et B_2 la valeur correspondante pour un gaz 2, on doit donc avoir, quelle que soit la température :

$$B_1 = -k + k' B_2,$$

k et k' étant des constantes caractéristiques du couple 1-2.

Dans le cas du couple hélium-argon, la méthode des moindres carrés, appliquée aux nombres expérimentaux, donne

$$(1) \qquad 10^6 B_{Ar} = -3\,260,5 + 4,3075 . 10^6 B_{He}.$$

Le tableau permet la comparaison des chiffres expérimentaux et des chiffres ainsi calculés; on voit que la concordance est aussi bonne qu'il était possible de l'espérer.

	10^6B				
t.	He expérimental.	He régularisé.	Ar expérimental.	Ar calculé.	Différence.
300	983	992	1050	1012	−38
200	855	852	361	411	+50
150	–	777	81	88	+ 7
100	694	699	− 262	− 251	+11
50	620	616	− 582	− 608	−26
0	529	528	− 985	− 986	− 1
− 50	435	435	−1377	−1387	−10
−100	337	336	−1819	−1813	+ 6
Différence moyenne					25

He régularisé est la valeur expérimentale de B pour l'hélium, régularisée au moyen d'une fonction empirique de la température, valable de −270° à +400°C.

Considérons maintenant deux thermomètres à volume constant, identiques, de volume V, contenant l'un n atomes-grammes d'argon et l'autre n atomes-grammes d'hélium; plongeons-les dans la même enceinte à la température T; on a dans ces conditions :

$$P_{Ar}V = nRT + n^2\frac{B_{Ar}}{V}, \tag{2}$$

$$P_{He}V = nRT + n^2\frac{B_{He}}{V}. \tag{3}$$

P_{Ar} et P_{He} étant les pressions, peu différentes d'ailleurs, qui règnent respectivement dans les deux thermomètres.

En éliminant B_{He} et B_{Ar} entre les relations (1), (2) et (3), nous trouvons

$$(4,3075\,P_{He} - P_{Ar})\,V = 3,3075\,nRT + 3\,260,5\frac{n^2}{10^6 V},$$

c'est-à-dire que n et V étant constants, la quantité $(4,3075\,P_{He} - P'_{Ar})$ que donne l'expérience varie linéairement en fonction de la température T; les termes correctifs variables, destinés à tenir compte des imperfections des gaz, ont disparu.

L'appareil ainsi conçu est donc un thermomètre donnant la température thermodynamique sans corrections pour imperfection des gaz.

La relation qui a servi de base à cette théorie semble vérifiée jusqu'aux plus basses températures; elle l'est pour le couple néon-hélium jusqu'à 20°K au moins; on peut faire de façon assez plausible l'hypothèse qu'elle le reste aux hautes températures, mais les données manquent au-dessus de 400°C; il n'est donc pas certain que le thermomètre dont la théorie est exposée ici mesurerait les hautes températures avec précision.

PYROTECHNIE. — *Sur les lois de combustion des poudres colloïdales dans l'azote sous des pressions de* 100 *à* 10000 kg/cm². *Remarques sur une récente Note de MM. Jacques et James Basset.* Note (*) de MM. **Henri Muraour** et **Jean Fauveau**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

On compare les vitesses de combustion mesurées par J. et J. Basset, avec les vitesses calculées. Pour T = 2576° K il y a, entre 100 et 10000 kg/cm², un accord satisfaisant. Pour T = 2171° K les vitesses expérimentales, sous très haute pression, sont supérieures aux vitesses calculées. Pour T = 3475° K et T = 3847° K elles sont au contraire inférieures. Pour ces dernières poudres J. et J. Basset ont trouvé aux basses pressions (300-400 kg/cm²) une « bosse » accentuée dont la réalité paraît très douteuse.

Utilisant une méthode dont le principe avait été indiqué par l'un de nous, MM. Jacques et James Basset ont publié récemment ([1]) les résultats de mesures de vitesses de combustion de diverses poudres colloïdales dans l'azote sous pression. Nous allons comparer ces vitesses expérimentales aux vitesses calculées à l'aide des formules établies par l'un de nous en collaboration avec G. Aunis ([2]). Ces formules permettent de calculer la vitesse de combustion sous pression constante de 1000 kg/cm² à partir de la température d'explosion de la poudre; les vitesses de combustion sous d'autres pressions étant calculées en adoptant une loi de la forme $v = a + bP$. Voici la comparaison ([3]) :

Pressions kg/cm²	50.	100.	200.	300.	400.	600.	800.	1000.	2000.	5000.	10 000.
	Poudre nº 4. T = 3847°K, $v = 7,0 + 0,121$ P.										
alculée (mm/sec)	13,0	19,1	31,2	43,3	55,4	79,6	104	128	249	612	1217
asset (mm/sec)	15,0	25,0	44,0	57,5	66,5	82,0	100	119	215	490	950
férence (%)	+15	+31	+41	+33	+20	+3	−4	−7	−14	−20	−22
	Poudre nº 3. T = 3475°K, $v = 7,0 + 0,0947$ P.										
alculée (mm/sec)	11,7	16,5	25,9	35,4	44,9	63,8	82,8	102	196	480	954
asset (mm/sec)	8,0	17,5	33,0	46,0	56,0	70,0	83,5	100	178	398	765
férence (%)	−32	+6	+27	+30	+25	+10	+1	−2	−9	−17	−25
	Poudre nº 1. T = 2973°K, $v = 6,0 + 0,069$ P.										
alculée (mm/sec)	9,4	12,9	19,8	26,7	33,6	47,4	61,2	75,0	144	351	696
asset (mm/sec)	6,5	13,0	26,0	37,5	45,0	57,0	65,0	75,0	140	335	646
férence (%)	−31	+1	+31	+40	+34	+20	+6	0	−3	−5	−7
	Poudre nº 2. T = 2576°K, $v = 5,0 + 0,0532$ P.										
alculée (mm/sec)	7,7	10,3	15,6	21,0	26,3	36,9	47,6	58,2	111	271	537
asset (mm/sec)	6,0	10,5	17,0	23,5	28,5	38,0	47,0	53,5	104	270	542
férence (%)	−22	+2	+9	+12	+8	+3	−1	−8	−6	0	+1

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 649-651.

([2]) *Mém. Artillerie française*, **20**, 1946, p. 637.

([3]) Nous avons éliminé la poudre nº **6** qui n'est pas une poudre colloïdale.

Pressions kg/cm²	50.	100.	200.	300.	400.	600.	800.	1000.	2000.	5000.	10 00[illegible]
Poudre n° 5. T = 2171° K, $v = 5,0 + 0,0402\,P$.											
v calculée (mm/sec).....	7,0	9,0	13,0	17,1	21,1	29,1	37,2	45,2	85,4	206	40[illegible]
v Basset (mm/sec).......	5,0	9,0	15,0	19,0	22,5	28,0	37,0	45,0	95,0	250	50[illegible]
Différence (%).........	−29	0	+15	+11	+7	−4	−1	0	+11	+21	+2[illegible]

On remarquera : 1° que pour la pression de 1000 kg/cm² il y a pour toutes les poudres, un accord satisfaisant entre les vitesses expérimentales et les vitesses calculées; pour la pression de 100 kg/cm² l'accord existe encore pour les poudres dont la température d'explosion est inférieure à 3500° K; 2° que pour la poudre n° 2 (poudre SD normale) *le même accord existe pour toutes les pressions comprises entre* 100 *et* 10000 kg/cm²; les formules ne s'appliquent plus aux très basses pressions, les réactions étant incomplètes (formation de NO).

Dans la région des très hautes pressions (5000 à 10000 kg/cm²) pour la poudre n° 5, les vitesses expérimentales sont supérieures de 20 à 25 % aux vitesses calculées. On retrouve là un phénomène déjà signalé ([4]) et dû probablement à ce que pour ces poudres *froides* la température d'explosion n'est plus réglée uniquement par la réaction d'équilibre du gaz à l'eau, mais que, par suite d'une réaction exothermique (formation de méthane), elle est plus élevée. Une différence de température de + 360° suffirait à expliquer la différence de vitesse observée.

Toujours en ce qui concerne la zone des hautes pressions, on observera que pour les deux poudres chaudes, n° 4 à 3487° K et n° 3 à 3475° K, les vitesses expérimentales sont *inférieures* d'environ 20 % aux vitesses calculées, peut-être pourrait-on envisager pour ces très hautes pressions une augmentation de la chaleur spécifique des gaz triatomiques.

Zone des basses pressions. — Dans la zone de pression 200-400 kg/cm², il existe une *bosse* particulièrement accentuée pour les poudres chaudes; l'existence réelle de cette *bosse* nous paraît très douteuse pour la raison suivante.

Fin 1949 des expériences ont été exécutées à Sevran avec deux poudres chaudes dans le dispositif même utilisé par Basset; voici les résultats obtenus :

Poudre 39/49/LB. Partie B, T = 3965° K, $v = 7 + 0,131\,P$.

Pressions (kg/cm²)...	56.	81.	100.	127.	160.	208.	283.	410.	616.
v calculées (mm/sec)....	14,3	17,6	20,1	23,6	28,0	34,2	44,1	60,7	87,7
v Sevran (mm/sec).....	11,6	17,4	20,5	23,3	27,0	34,9	46,7	62,2	90,0
Différence (%).........	−19	−1	+2	−1	−4	+2	+6	+2	+3

Poudre 5/48/DG/SL gal 45/55, T = 4250° K, $v = 7 + 0,1575\,P$.

Pressions (kg/cm²)...	74.	76.	98.	98.	120.	143.	143.
v calculées (mm/sec)....	18,6	19,0	22,4	22,4	25,9	29,5	29,5
v Sevran (mm/sec)......	17,9	18,1	21,7	21,5	25,2	27,6	31,2
Différence (%).........	−4	−5	−3	−4	−3	−6	+6

([4]) H. Muraour, *Chimie et Industrie*, 50, n° 6, 1943, p. 168-172.

Pressions (kg/cm²)...	189.	198.	236.	284.	284.	515.	622.
v calculées (mm/sec)....	36,8	38,2	44,2	51,7	51,7	88,1	105,0
v Sevran (mm/sec).....	34,4	34,5	41,9	49,9	48,2	82,0	108,0
Différence (%)........	−7	−10	−5	−5	−7	−7	+3

Pour ces deux poudres, malgré la haute température d'explosion, *aucune bosse n'apparaît sur le graphique*. Le moins que l'on puisse dire est que ces derniers résultats sont en contradiction formelle avec les précédents.

ÉLECTRICITÉ. — *Contribution à l'étude des pertes dans les lignes de transport d'énergie électrique à haute tension continue par brouillard.* Note (*) de M. **Robert Cochet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons étudié en fonction du temps le dépôt de gouttelettes de brouillard sur un conducteur cylindrique. La vitesse de l'air est supposée négligeable. Nous avons montré ([1]) que, dans un plan normal aux génératrices, la trajectoire d'une gouttelette de brouillard passant à l'infini à une distance K de l'axe origine Ox, admettait pour équation

$$\rho^3 = \frac{1}{\sin^3\theta}\left[K^3 - 3\alpha\left(\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4}\sin 2\theta\right)\right],$$

1° Si $\alpha < D^3/8$ ou $E_0^2 < (2/3)\pi g D$, les trajectoires limites sont tangentes au conducteur (*fig.* 1). Les points de tangence sont déterminés par

$$\cos\theta_1 = -\frac{8\alpha}{D^3} \quad \text{et} \quad \rho_1 = \frac{D}{2}.$$

La constante d'intégration prend la valeur

$$K^3 = \left[\frac{3\pi}{2} + \frac{1}{5}(\pi - \theta_1)^5 + \frac{19}{315}(\pi - \theta_1)^7 + \ldots\right]\alpha,$$

pour $D^3\sqrt{2}/16 < \alpha < D^3/8$ nous avons $K = [(3\pi/2)\alpha]^{1/3}$ avec une erreur inférieure à 1 %.

2° Si $\alpha > D^3/8$ les trajectoires aboutissant au conducteur sont limitées par la courbe particulière que l'on obtient en faisant $K = [(3\pi/2)\alpha]^{1/3}$, il n'y a pas de trajectoire tangente (*fig.* 2).

En résumé pour une valeur suffisante du champ électrique à la surface du conducteur $E_0^2 > (\pi\sqrt{2}/3) g D$ ($E_0 > 12$ kV/cm pour $D = 1^{cm},2$), le coefficient de captation $\gamma = 2K/D$ a pour expression $\gamma = (9 E_0^2/4 g D)^{1/3}$.

L'expérience vérifie ces résultats. Les figures 3 et 4 représentent les photographies des trajectoires de gouttelettes d'eau ($d < 50^{\mu}$) à proximité d'un

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) M. Pauthenier et R. Cochet, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 213.

conducteur cylindrique de diamètre $D = 1^{cm},2$, le champ superficiel est pour la figure 3 : $E_0 = 47$ u.e.s.c.g.s. (14 kV/cm) et pour la figure 4 : $E_0 = 88$ u.e.s.c.g.s. (26,5 kV/cm).

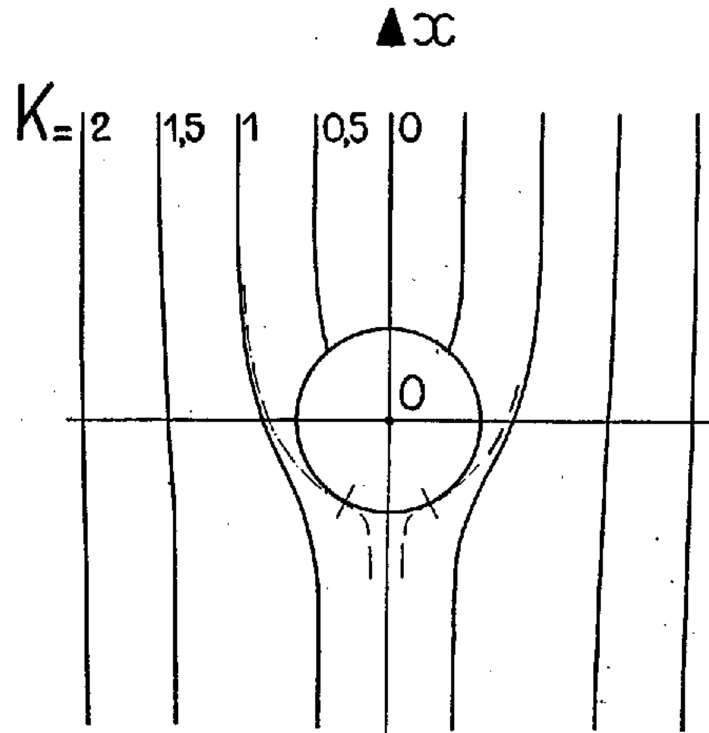


Fig. 1
E_0 = 14 Kv/cm, D = 1,2 cm

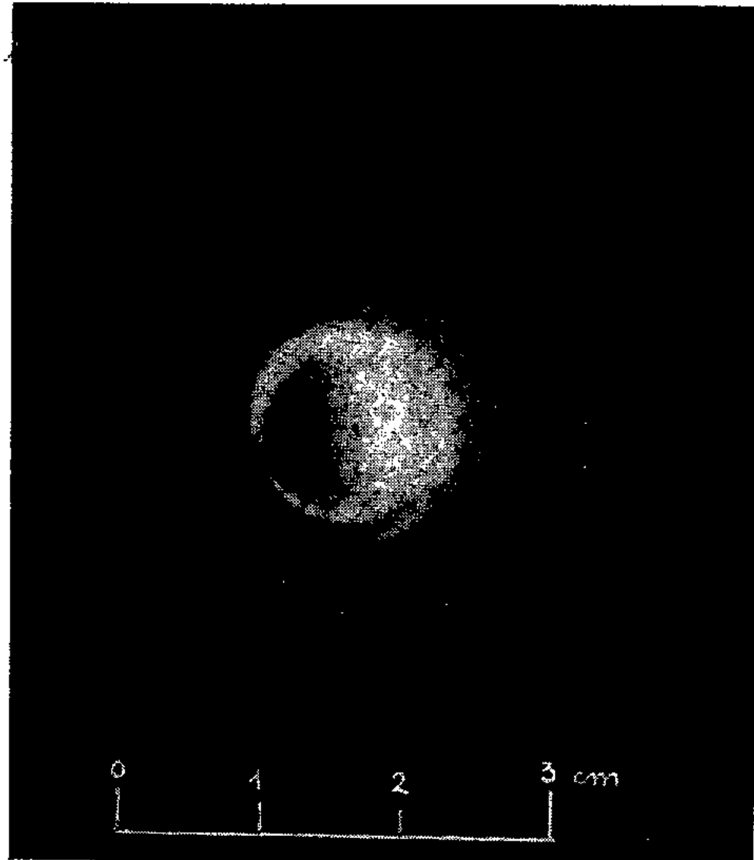


Fig. 3.

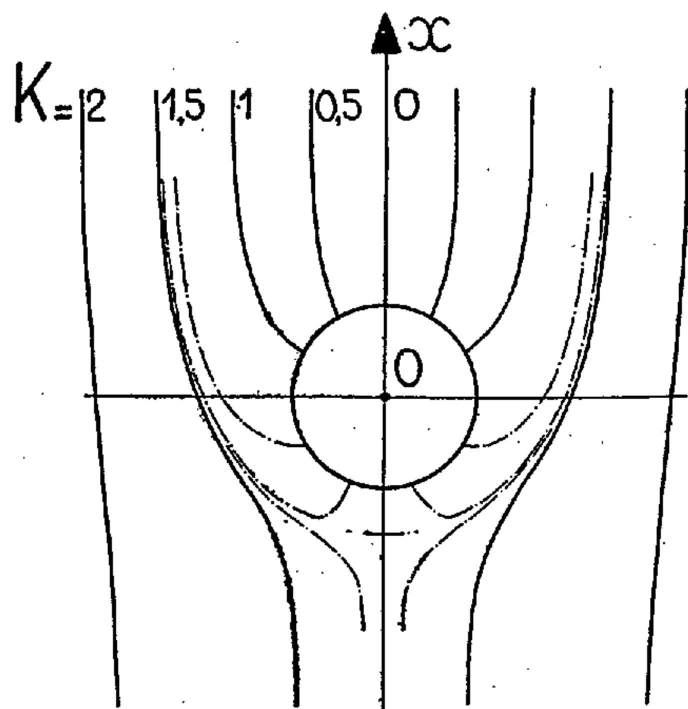


Fig 2
E_0 = 26,5 Kv/cm, D = 1,2 cm

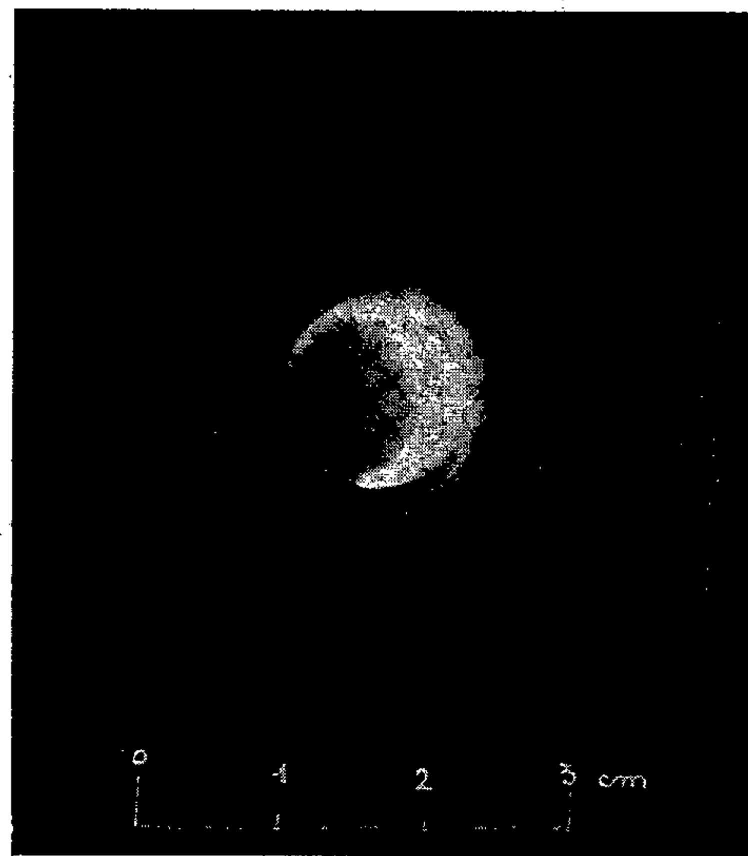


Fig. 4.

En désignant par m_1 la masse d'eau liquide par centimètre cube de brouillard, par V_0 la vitesse des gouttelettes au loin, la quantité d'eau reçue par unité de longueur du conducteur et par seconde $M_1 = m_1\,\gamma\,D\,V_0$ a pour expression $M_1 = (m_1/18\,\delta'\nu)\,[(9/4)E_0^2\,D^2 g^2]^{\frac{1}{3}} d^2$.

Dans un brouillard naturel les diamètres des gouttelettes sont différents. Soit $f_1(d)$ la courbe de répartition en masse par unité de volume d'un brouillard, nous avons

$$\int_0^\infty f_1(d).\Delta d = m_1,$$

et en posant $[(9/4)E_0^2 D^2 g^2]^{1/3}/18\,\delta'\nu = A$, M_1 peut se mettre sous la forme

$$M_1 = A\int_0^\infty f_1(d).d^2.\Delta d.$$

Application numérique. — Pour $E_0 = 30$ kV/cm, $D = 1,2$ cm, on a $A \simeq 1,04.10^6$. Pour un brouillard dont le diamètre caractéristique est 13 μ, avec $d < 30\,\mu$ et

$$\int_0^\infty f_1(d\Delta).d = 2.10^{-6}\text{ g},$$

on a $M_1 \simeq 6,5.10^{-6}$ g par centimètre et par seconde.

Au bout de 26 minutes, nous aurons 10^{-2} g d'eau par centimètre de conducteur, quantité d'eau suffisante pour que le conducteur émette des ions. Le courant de perte correspondant est de l'ordre de 30 μA par mètre de conducteur.

En considérant la vitesse du fluide comme négligeable, nous nous sommes placé dans les conditions de captation les plus défavorables.

ÉLECTRICITÉ. — *Courant inverse des diodes au germanium aux voltages élevés.* Note de M. **Pierre Aigrain**, présentée par M. Jean Cabannes.

La conductance de surface du germanium est modulée par un champ électrique intense. Cet effet explique quantitativement l'augmentation du courant inverse aux forts voltages, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir l'effet d'émission de champ.

Dans des Notes précédentes (1), (2), (3), (4) j'ai montré comment l'existence d'une conductance de surface pouvait expliquer les caractéristiques des diodes au germanium aux faibles voltages inverses. Dernièrement Stuetzer (5) a indiqué qu'il était possible de moduler le courant inverse en appliquant un champ électrique perpendiculaire à la surface. Il a suggéré que le champ entre la surface du germanium et la pointe pouvait, par un mécanisme analogue, être responsable de l'augmentation du courant inverse aux voltages élevés. Le

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 62.
(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 194.
(3) C. Dugas, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 377 et 1277.
(4) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 732.
(5) *P. I. R. E.*, août, 1950, **38**, 8, p. 868.

but de cette Note est de montrer qu'on peut expliquer ainsi numériquement les caractéristiques des diodes au germanium en admettant que l'effet du champ est de modifier la conductance de surface selon le mécanisme ci-dessous.

1° S'il existe un champ électrique entre la surface du germanium et une électrode négative qui peut être la pointe elle-même, il apparaît une charge superficielle positive donnée par

$$Q = \frac{\varepsilon_0}{4\pi} E.$$

Cette charge ne peut être due à une diminution du nombre d'électrons libres près de la surface puisque dans la région superficielle du germanium la conduction se fait par trous positifs. Il y a donc une augmentation de la densité des trous, d'où une augmentation de la conductance de surface donnée par

$$(1) \qquad \Delta s = \mu_p Q = \frac{\mu_p \varepsilon_0}{4\pi} E = 10^{-10} E \text{ (mho/V/cm)},$$

ce qui explique numériquement les effets observés par Stuetzer.

2° *Application aux diodes.* — Si le champ est celui qui existe entre la pointe et le germanium, on a

$$E = \frac{2 V_0}{\pi r}$$

(r, distance du centre de la pointe; V_0, voltage appliqué).

Nous admettrons que V_0 est grand, si bien que Δs est très supérieur à s_0, conductance de surface pour un champ nul. Un calcul basé sur les mêmes hypothèses que nos Notes précédentes (densité de courant à travers la barrière constante, égale à 2 C, indépendante du voltage), donne les relations suivantes entre V_0 et i:

$$(2) \qquad V_0^2 = \frac{4\pi^2 C}{u_p \varepsilon_0} \left[r_1^2 (r_1 - r_0) - \frac{1}{3}(r_1^3 - r_0^3) \right],$$

$i = \pi C r_1^2$; r_0, rayon de la pointe.

Pour V_0 élevé, cette loi donne $i \sim V_0^{4/3}$.

L'expérience conduit à une loi : $i \sim V^n$ mais avec $n \neq 2$.

La différence peut s'expliquer par l'existence de points *non redresseurs* à la surface du germanium. Ces points sont d'ailleurs décelables expérimentalement.

3° Nous admettrons, pour simplifier, qu'il y a une ligne non redresseuse à une distance r_2 de la pointe. On obtient alors

$$(3) \qquad \frac{(r_2 - r_0)\,\pi\,(i - C r_2^2)}{u_p \varepsilon_0} = V_0^2 - V_1^2,$$

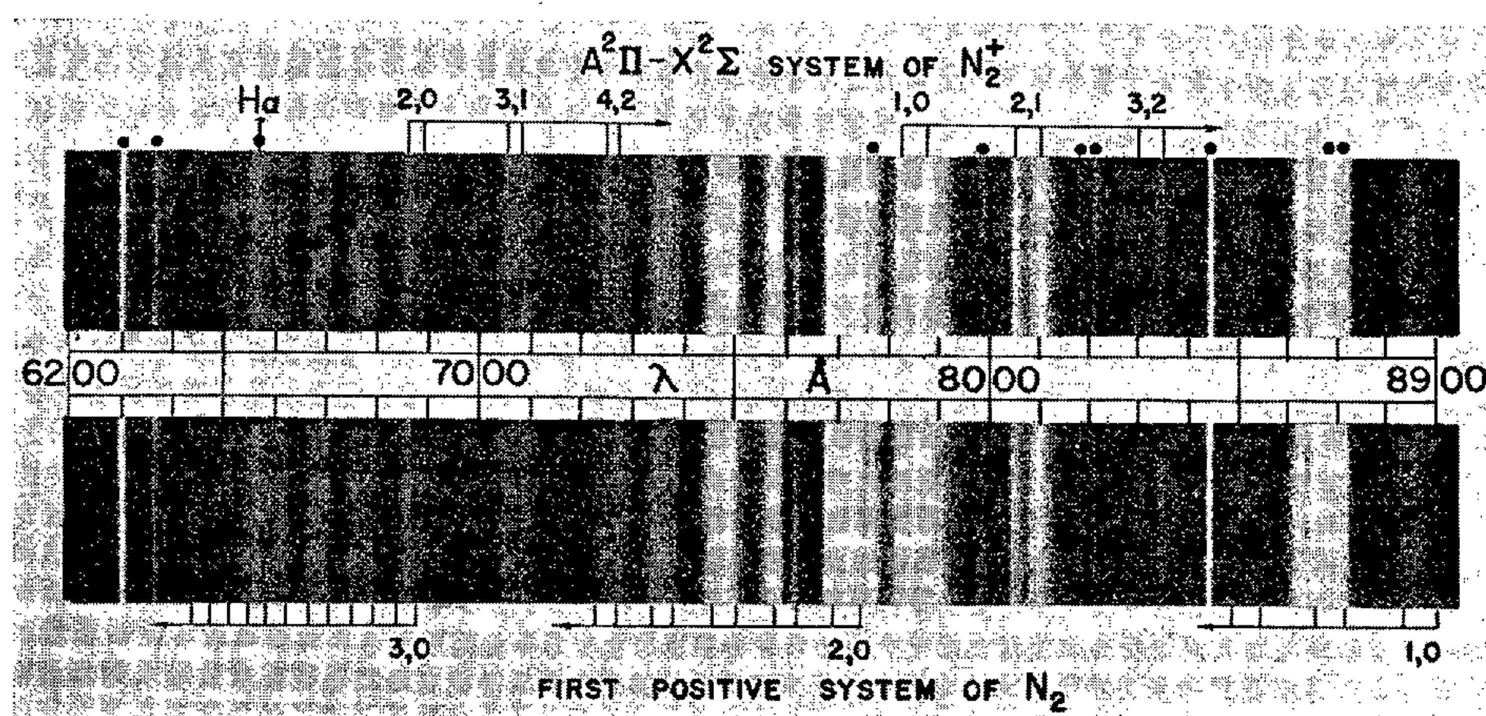
où V_1^2 est donné en remplaçant dans (2) r_1 par r_2.

Cette formule est en excellent accord avec l'expérience, pour les diodes à haute résistance inverse, pour V_0 compris entre 20 V et quelques volts en deçà de la tension maxima. On trouve pour r_2 des chiffres de l'ordre de 10^{-2} cm, ce qui est très raisonnable.

SPECTROSCOPIE. — *Nouvelles bandes de N_2^+ dans le spectre auroral infrarouge.* Note de M. **A.-B. Meinel**, présentée par M. Jean Cabannes.

Vegard et Kvifte ([1]) ont attribué diverses bandes intenses aux environs de 8 000 Å à des membres du premier système positif de N_2. Bates, Massey et Pearse ([2]) ont mis en doute cette identification, malgré les coïncidences apparentes de longueur d'onde, à cause de l'absence d'autres bandes du premier système positif dues aux mêmes niveaux vibratoires.

Lors de la tempête aurorale du 18-19 août 1950 l'auteur a obtenu à l'Observatoire Yerkes des spectres à résolution assez élevée (figure), qui montrent que la structure détaillée de ces bandes est très différente de celle des premières bandes positives de N_2. Les bandes non identifiées ont deux ou plusieurs maxima avec un bord nettement défini du côté violet.



Spectre auroral de 6200 à 8900 Å.
(Les points noirs indiquent des raies atomiques.)

Les six bandes mentionnées dans la table ci-après semblent faire partie de ce nouveau groupe à cause de leur similitude d'aspect. Les deux bandes 6858 et 7250 Å sont superposées sur les premières bandes positives de N_2. Les deux maxima caractéristiques sont toutefois bien évidents. En faisant coïncider les six bandes avec une distribution d'intensité selon Franck-Condon, on obtient pour l'état inférieur les constantes moléculaires $\omega_e'' = 2205\ \text{cm}^{-1}$ et $\omega_e'' x_e'' = 17\ \text{cm}^{-1}$. Ces valeurs sont très proches de celles de l'état fondamental de N_2^+.

([1]) *Geophys. Publ. Oslo*, 16, n° 7, 1945.

([2]) Rapport à la Commission Gassiot, *Emission Spectrum of the Night Sky and Auroræ* (*Physical Society*, 97, London, 1948).

En admettant que l'état $X^2\Sigma$ est le niveau inférieur de ces bandes de N_2^+, les constantes moléculaires deviennent :

ω''_e	2207,2 cm^{-1}	$\omega'_e x'_e$	16,0 cm^{-1}
$\omega''_e x''_e$	16,1	Doublet dédoublé	75
ω'_e	1878,4	$\nu_{0,0}$	10882.6

Les différences, observation moins calcul, obtenues avec ces constantes sont données dans la table suivante :

Bandes $A^2\pi - X^2\Sigma$ *de* N_2^+ *dans les aurores.*

Longueur d'onde Å air (limite violette).	Différence $o - c$ (moyenne).	Intensité.	v', v''.
6858	−1	4	2,0
7050	−3	7	3,1
7250	−2	4	4,2
7828	0	40	1,0
8057	+2	20	2,1
8298	+3	6	3,2

La représentation excellente, ainsi que le dédoublement de la structure, montrent que le nouveau système de bandes provient de l'état $A^2\pi$ de N_2^+ cherché en vain depuis longtemps.

SPECTROSCOPIE. — *Complément à l'étude du spectre d'absorption du gaz fluorhydrique dans l'ultraviolet.* Note de MM. **Jacques Romand** et **Ebrahim Safary**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'objet de la présente Note est de compléter les résultats décrits précédemment [1] par l'étude de l'effet d'une élévation de température sur le spectre d'absorption ultraviolet du gaz fluorhydrique.

Afin d'éviter le collage des fenêtres. nous avons utilisé des cuves en acier inoxydable munies d'embases portant les fenêtres de corindon serrées mécaniquement avec interposition de rondelles de *teflon*. D'autres part les canalisations et le manomètre ont été refaits en tube d'acier inoxydable : ce métal résiste très bien au gaz fluorhydrique et permet d'employer des tubes de plus grand diamètre que les tubes de platine et d'argent utilisés auparavant.

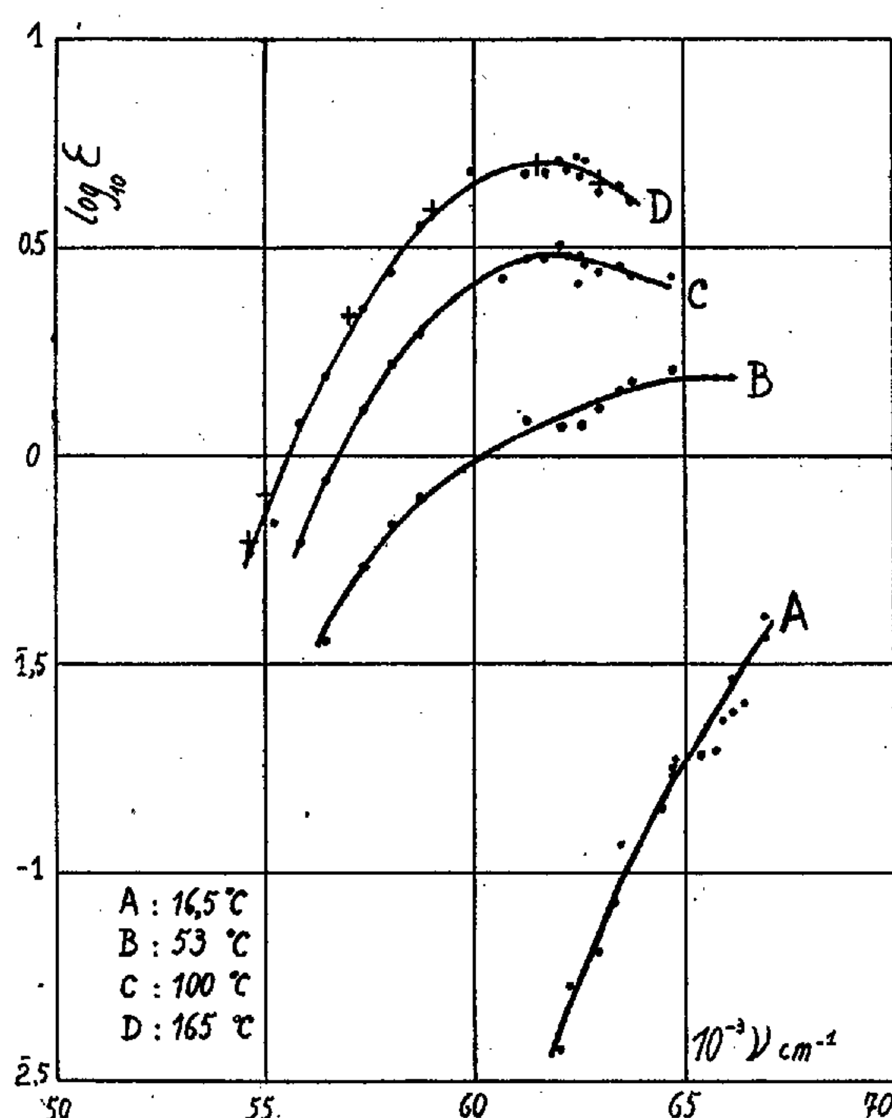
Nous avons d'abord constaté qu'avec cet appareil en acier le système de bandes dont le maximum est à 2050 Å avait disparu, la pression étant de 600 Torr, l'épaisseur de 220^{cm} et la température de 17°C. Comme nous n'avions précédemment observé ces bandes que dans un appareil en argent, il

(1) E. Safary et J. Romand, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1003.

est logique de les attribuer à une impureté prenant naissance par attaque du métal ou d'une impureté superficielle du métal (dans le cas de l'argent on peut penser au sulfure, à l'oxyde ou au mercure). Rappelons que ces bandes disparaissent par élévation de la température à 75° C ([1]).

Comme dans nos conditions expérimentales, il n'y a pas d'autre bande jusqu'à 1650 Å, les essais sur l'effet de température ont été faits dans la région de Schumann. A cause de la faible longueur de la cuve imposée par le montage nous avons toujours utilisé la pression maximum (environ 640 Torr), car l'absorption est peu intense.

La figure ci-dessous représente les différentes courbes A, B, C, D obtenues pour des températures de 16,5, 53, 100 et 165° C. On a porté en abscisse le nombre d'ondes ν et en ordonnée le logarithme du coefficient d'extinction moléculaire $\varepsilon = (d/l) \times 22,4 \times (M/M_1)$, d étant la densité optique, l la lon-



gueur (5^{cm},8), M la masse moléculaire normale ($\#$20) et M_1 la masse moléculaire apparente dans les conditions de l'expérience. Cette dernière s'obtient pour 16,5 et 53° C à partir des mesures de densité ([2]), ([3]) et pour 100 et 165° C par application des formules classiques de dilatation et compression qui constituent une approximation suffisante dans ce cas. On voit que l'absor-

([2]) J. Simons et J. H. Hildebrand, *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 2179 et 2183.

([3]) R. W. Long, J. H. Hildebrand et W. E. Morrell, *J. Amer. Chem.*, 65, 1943, p. 182.

ption croît avec la température; d'abord rapidement (de 16,5 à 53° C) et ensuite plus lentement. Les courbes C et D présentent un maximum pour $\nu = 62000\ \text{cm}^{-1}$ environ ($\lambda = 1612$ Å).

L'interprétation de ce spectre est difficile tant à cause de l'association de FH qu'à cause du caractère encore incomplet des données expérimentales. On peut néanmoins faire les remarques suivantes. D'après les mesures de densité on sait qu'il n'y a plus de molécules associées stables à partir de 100° C environ, on peut donc supposer que les courbes aux températures supérieures (C et D) correspondent à la molécule $(FH)^1$ isolée, alors que la courbe A représenterait l'absorption due à la molécule associée $(FH)^n$. Toutefois dans cette hypothèse les variations du spectre au-dessus de 100° C sont inexplicables, étant donné la valeur élevée de la fréquence vibratoire ($\omega_e = 4141\ \text{cm}^{-1}$). Elles ne seraient compréhensibles que si l'on attribuait ce spectre à une molécule FH perturbée par l'action des molécules voisines, cette perturbation subsistant même aux températures où la densité est normale. Pour conclure il est nécessaire d'opérer à des températures supérieures, ce qui était impossible avec le présent montage.

En admettant provisoirement que le spectre à 165° C représente bien celui de $(FH)^1$ on peut remarquer : 1° l'absence de spectre discontinu, contrairement à ce que l'on pourrait prévoir d'après les courbes d'énergie potentielle théoriques ([4]) dont le calcul serait donc à reprendre; 2° la limite du spectre vers les faibles fréquences semble en accord avec la valeur de l'énergie de dissociation donnée par Gaydon ([5]), $E_d = 6,1 \pm 0,3\ \text{eV} \# 49200 \pm 2400\ \text{cm}^{-1}$; 3° l'effet de la température entre 100° C et 165° C est de multiplier tous les coefficients d'absorption par un facteur constant, ce qui montrerait que seul le nombre de molécules $(FH)^1$ varie; 4° la méthode de la réflexion appliquée à $(FH)^1$ donne de bons résultats (points + pour D).

POLARIMÉTRIE. — *Polarimètre hertzien pour l'étude des* modèles *macroscopiques de molécules actives.* Note de MM. **Roger Servant** et **Pierre Loudette**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il nous a paru intéressant de poursuivre les premières recherches de Lindman ([1]) sur le pouvoir rotatoire, en ondes hertziennes, des modèles macroscopiques actifs. Nous avons cherché pour cela à réaliser un polarimètre utilisant des ondes entretenues (et non amorties) et ayant, en particulier, une caractéristique d'analyseur aussi aiguë que possible.

([4]) L. Pauling, *The Nature of the Chemical bond*, N. York, 1948, p. 43.

([5]) *Dissociation energies and spectra of diatomic molecules*, London, 1947, p. 188.

([6]) J. Romand,, *Ann. Phys.*, 4, 1949, p. 576.

([1]) *Ann. d. Physik*, 63, 1920, p. 621; 69, 1922, p. 270; 74, 1924, p. 541; G. Bruhat, *Polarimétrie*, Paris, 1930, p. 232.

I. Appareil. — Nous employons le dispositif suivant (*fig.* 1) :

1° *Source et monochromateur.* — L'émetteur E est un oscillateur *à lignes*, utilisant deux lampes EC41 montées en push-pull. Par déplacement du pont mobile, on peut faire varier la longueur d'onde émise λ_E depuis 46^{cm} jusqu'à 100^{cm} et au delà (300 à 650 MHz). Un pont de Lécher L, placé latéralement (en face d'un volet amovible percé dans le blindage du poste E) permet de contrôler la valeur de λ_E. Le couplage réalisé est aussi lâche que possible et l'écart entre les positions successives du court-circuit *c* provoquant des minima de courant grille *g* donne la valeur de $\lambda_E/2$.

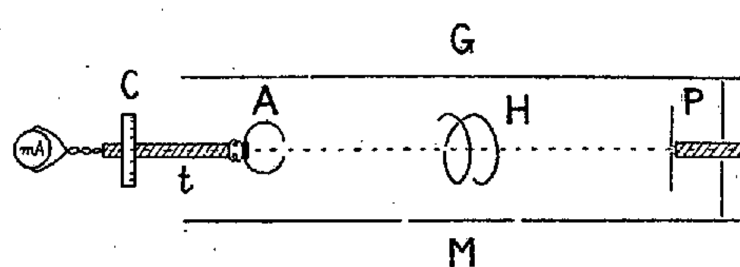


Fig. 1.

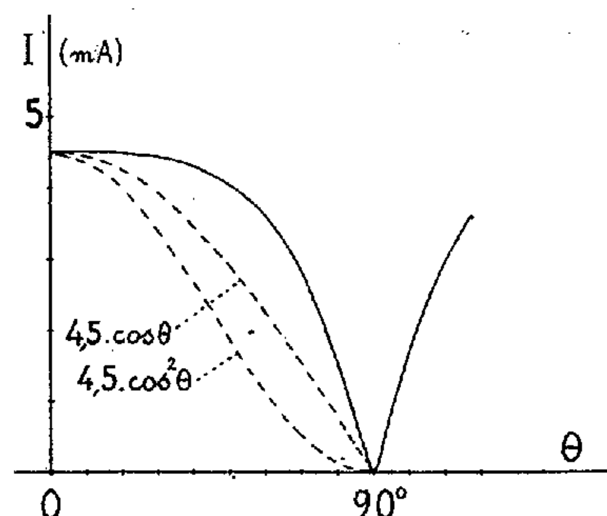


Fig. 2.

2° *Polariseur.* — Il est constitué par une antenne rectiligne P établissant le mode de vibration TE_{11} dans le guide d'ondes formant le corps du polarimètre. L'antenne est un doublet placé perpendiculairement à l'axe du polarimètre, en avant d'un fond mobile réglable. L'énergie est transportée au doublet par un feeder coaxial F et prélevée sur l'émetteur par une boucle réglable.

3° *Corps du polarimètre.* — C'est un tube conducteur cylindrique G de $2^m,5$ de longueur et 50^{cm} de diamètre. Il est muni d'une porte cintrée M, permettant l'introduction des *modèles*. Le diamètre de 50^{cm} a été choisi de manière que seul puisse s'établir le mode de vibration TE_{11}, donnant dans les sections du tube une polarisation homogène parallèle à une section équatoriale ([2]). En avant de l'extrémité libre du tube G se trouve la boucle analyseur A. Le taux d'ondes stationnaires est très réduit et il ne subsiste pratiquement dans le tube que des ondes progressives. La longueur d'onde λ_G dans le guide se déduit de la longueur d'onde λ_E par la formule $\lambda_G = \lambda_E\lambda_C/\sqrt{\lambda_C^2 - \lambda_E^2}$, avec ici une longueur d'onde de coupure $\lambda_C = 3,41 . R = 85^{cm}$. Ainsi, en faisant varier la longueur d'onde d'émission de 65 à 75^{cm} par exemple, on balaye pour λ_G le domaine $100\text{-}160^{cm}$.

4° *Analyseur.* — C'est un *doublet replié* A, en forme de boucle circulaire ouverte, dont les deux branches sont reliées aux bornes d'un détecteur

([2]) R. Rigal, *Les hyperfréquences*, Paris, 1950, p. 90.

silicium-tungstène 1N21. Ce détecteur alimente à travers un filtre *passe-bas* un milliampèremètre mA à plusieurs sensibilités. On fait tourner le plan de A en agissant sur une longue tige de manœuvre *t* (en bakélite), munie d'un cercle gradué C.

II. Précision des pointés. — L'analyseur A, de rayonnement très réduit, présente l'avantage de fournir une courbe d'extinction relativement très abrupte : Sa forme dépend d'ailleurs légèrement de la portion utilisée de caractéristique du détecteur; elle a été tracée figure 2 pour un débit maximum, en *nicols parallèles*, de 4,5 mA dans le milliampèremètre (de 80 Ω de résistance). I représente le courant débité et θ l'angle des *sections principales* de P et A. On a tracé en pointillés les courbes en $\cos^2\theta$ et $\cos\theta$. En traçant rapidement, pour chaque pointé, la courbe d'extinction correspondante, on peut arriver à pointer des vibrations rectilignes avec une précision de l'ordre du dixième de degré. C'est là, une précision non seulement bien supérieure à celle réalisée autrefois par Lindman ([1]), mais encore à celle réalisée récemment ([3]) (pour un autre ordre d'études) dans le domaine des micro-ondes.

Nous avons pu étudier, avec notre appareil, divers *modèles* hélicoïdaux H, dont la *dispersion* de pouvoir rotatoire et de dichroïsme circulaire fera l'objet de prochaines communications.

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE DANS LES GAZ. — *Un effet des rayons* X *sur la décharge à très basse pression.* Note de MM. **André Canac**, **Georges Maret** et **Lazare Goldzahl**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'irradiation par les rayons X d'un tube à décharge sous très basse pression provoque d'abord une augmentation du courant de décharge; ce courant diminue ensuite lentement jusqu'à la valeur précédant l'irradiation et tombe instantanément à zéro lorsque l'on coupe le faisceau de rayons X.

On utilise un tube à décharge en pyrex de 30^{cm} de long, de 7^{cm} de diamètre, ses parois ont $2^{mm},5$ d'épaisseur. Ce tube est fixé sur une pompe Holweck par un cône rôdé; un robinet permet d'isoler le tube de la pompe. Une jauge à ionisation est adaptée au sommet du tube. Les électrodes distantes de 18^{cm} sont formées d'un cercle de laiton de 5^{cm} de diamètre sur lequel est tendu un grillage de fer à mailles très fines. On établit entre les électrodes une tension alternative de 13000 V, 50 périodes, redressée par un kénotron. Les courants de faibles intensités sont mesurés à l'aide d'un galvanomètre.

On fait le vide dans le tube de façon qu'il ne passe aucun courant décelable par notre galvanomètre dont la sensibilité est de l'ordre de 10^{-9} A, puis l'on ferme le robinet. Au bout de quelques heures, par suite du dégagement des

---

([3]) A. E. Schwancke et Z. V. Harvalik, *Rev. Sc. Instr.*, 20, 1949, p. 337.

gaz occlus, il passe un courant compris entre 10^{-8} et 5.10^{-8} A. La pression mesurée à la jauge à ionisation est de l'ordre de 3.10^{-4} mm de mercure; elle est légèrement inférieure à celle permettant l'établissement d'une décharge lumineuse. On irradie alors la partie du tube comprise entre les électrodes par un faisceau de rayons X produit par l'anticathode de tungstène d'un tube à rayons X fonctionnant sous 60000 V avec une intensité de 8 mA; la distance entre l'anticathode et le tube à décharge est de 60^{cm}. Le courant de décharge augmente instantanément (il est multiplié par deux ou trois), puis en quelques dizaines de secondes il revient à une valeur approximativement égale à celle qu'il avait avant l'irradiation; si on la prolonge quelques minutes et que l'on coupe ensuite le faisceau de rayons X, le courant tombe instantanément à zéro ou à une valeur très voisine. Il met ensuite de 10 à 15 minutes pour reprendre la valeur précédant l'irradiation; l'expérience est alors renouvelable.

On a refait l'expérience précédente en établissant, au moyen d'une fuite formée d'un tube capillaire suffisamment fin, la pression correspondant à un courant de l'ordre de 10^{-8} A, le robinet reste alors ouvert et la pompe continue à tourner. L'irradiation par les rayons X augmente le courant dans les mêmes proportions que précédemment et en quelques dizaines de secondes le courant reprend également la valeur précédant l'irradiation, mais lorsqu'on coupe le faisceau de rayons X on n'observe pas de chute de courant appréciable.

L'effet décrit ici présente une certaine analogie avec l'effet Joshi, ou effet photochimique de la lumière, qui consiste à provoquer la chute instantanée du courant de décharge dans de nombreux gaz en irradiant le tube à décharge avec de la lumière visible ou ultraviolette (1). L'effet Joshi serait dû à une variation du nombre de molécules résultant de la formation de complexes moléculaires et à un changement de la mobilité des ions. Peut-être faudrait-il chercher dans ce sens une explication du phénomène que nous venons de décrire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Emploi d'un tube détecteur de modulation de fréquence comme sélecteur de coïncidences.* Note (*) de MM. **Henri Piatier** et **Robert Génin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le sélecteur de coïncidences que nous proposons, utilise le nouveau tube détecteur de modulation de fréquence (série Rimlock EQ. 40 ou série Noval EQ-80) décrit par J. L. H. Jonker et J. W. M. van Overbeek (1). Ce tube comprend, entre la cathode et l'anode, sept grilles, G_1, G_2, ..., G_7. G_1 est

---

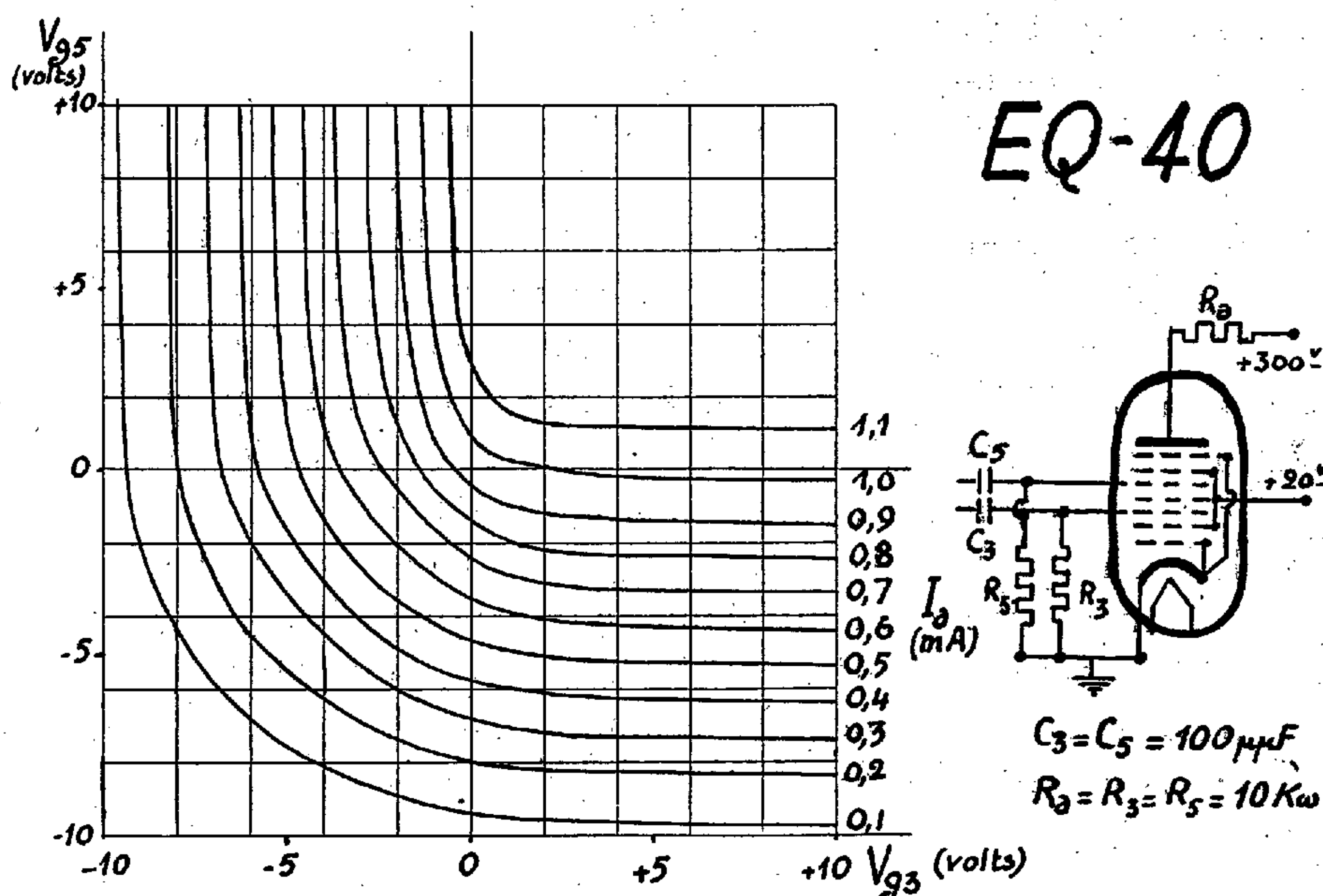
(1) K. R. Dixit, *J. Chem. Phys.*, 16, 1948, p. 742-743.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

(1) *Revue Technique Philips*, 11, 1949, p. 1-12.

une grille de commande dont le rôle est voisin de celui de la première grille d'un tube amplificateur ordinaire; les grilles G_2, G_4, G_6 servent d'écrans et sont portées à un potentiel de +20 V environ par rapport à la cathode; la grille d'arrêt G_7 (*suppresseuse*) est reliée à la cathode. Les grilles G_3 et G_5 sont également des grilles de commande et leurs rôles sont entièrement symétriques.

Nous avons étudié les variations du courant anodique en fonction des potentiels des grilles G_3 et G_5. Les résultats sont représentés sur la figure ci-dessous. Quand l'une des grilles est suffisamment négative par rapport à la cathode (—12 V environ), le courant anodique est nul, quel que soit le potentiel de l'autre grille. Quand les deux grilles sont positives, le courant anodique devient indépendant de leur potentiel.



Dans le sélecteur de coïncidences que nous proposons, les impulsions *positives* provenant de deux détecteurs de radiation, deux compteurs de Geiger par exemple, sont appliquées aux grilles G_3 et G_5 polarisées toutes deux à un potentiel d'environ —12 V. Les courbes tracées sur la figure montrent que le tube ne débite que si les deux grilles reçoivent simultanément une impulsion positive. D'autre part, l'amplitude du signal de sortie est indépendante de l'amplitude des impulsions d'entrée, quand celles-ci sont assez grandes pour rendre les grilles G_3 et G_5 positives.

Le temps de résolution d'un tel dispositif dépend essentiellement de la forme des impulsions qu'on lui applique, comme on peut le voir par un raisonnement simple. Nous avons réalisé une maquette dans laquelle la mise en forme des impulsions est assurée simplement par une courte constante de temps (10^{-6} seconde); la méthode des coïncidences fortuites indique un temps

de résolution de 4.10^{-6}. Ce temps de résolution doit pouvoir être abaissé sensiblement en utilisant un circuit de mise en forme plus soigné.

Ce dispositif de coïncidences présente quelques avantages sur le montage classique de Rossi : en particulier le tube EQ-40 ne débite pas en l'absence de coïncidences et, au cas où une amplification préalable est nécessaire, un seul tube amplificateur, placé entre le compteur et le tube sélecteur, suffit pour inverser le signal négatif et lui donner l'amplitude convenable.

En revanche, le débit du tube EQ-40 étant faible, le signal recueilli sur l'anode est de petite amplitude; il est toutefois suffisant pour actionner une *échelle*. Pour des impulsions très rapides, il serait possible, en consentant une perte d'amplitude du signal de sortie, de diminuer l'impédance d'anode, ce qu'on ne peut se permettre dans le montage de Rossi.

Note ajoutée sur épreuves. — Il nous a été signalé qu'un sélecteur de coïncidences, basé sur un principe analogue avait été conçu dès 1930 par W. Bothe (²), qui employait un tube bigrille. Les raisons qui firent préférer le système de Rossi (³) au dispositif de Bothe, dont la forte dissymétrie était gênante, ne sont plus aussi décisives, maintenant qu'il existe des tubes à deux grilles de commande bien indépendantes et de caractéristiques identiques. D'autre part il est évidemment possible de mettre en coïncidence un nombre quelconque de compteurs par notre dispositif, à condition d'avoir recours au nombre convenable de tubes EQ.40.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Les ondes électromagnétiques, émises par les protons rapides dans les champs magnétiques intenses, et la corrélation entre le rayonnement cosmique et les* bruits *radio-électriques du Soleil et de la Galaxie.* Note de M. **Bernard Kwal**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie classique du rayonnement d'une particule chargée dans un champ magnétique montre que, dans les champs de l'ordre de 10^3 à 10^4 gauss, les protons de 10^9 à 10^{10} eV rayonnent des ondes métriques et centrimétriques.

Il semble donc possible d'associer les *bruits* radio-électriques à l'accélération des rayons cosmiques dans les taches du Soleil et dans celles des étoiles.

1. Il paraît actuellement bien établi que le flux du rayonnement cosmique qui arrive sur la Terre contient un faible affluent (~ 1 %) qui prend sa source dans le Soleil. Depuis quelque temps on a mis en évidence des corrélations entre l'activité solaire et l'intensité du rayonnement cosmique (¹), et, entre

(²) *Zeitschrift für Physik*, 59, 1930, p. 1.

(³) *Nature*, 125, 1930, p. 636.

(¹) S. E. Forbuch, *Phys. Rev.*, 76, 1946, p. 771; A. Ehmert, *Z. f. Naturforshung*, 3ª, 1948, p. 264; A. Duperier, *Proc. Phys. Soc.*, 57, 1947, p. 473; J. Clay, H. F. Jongen et A. J. Dijker, *Proc. Amst.*, 52, 1949, p. 899, 906 et 923; A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1096; D. C. Rose, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 181.

celle-ci et les bruits radio-électriques d'origine solaire ([2]) et, même, d'origine galactique ([3]).

2. Différentes théories ont été proposées pour expliquer le mécanisme de production de ce dernier rayonnement. L'émission du Soleil *calme* semble s'expliquer aisément dans l'hypothèse du rayonnement thermique de la couronne. Mais, en ce qui concerne le rayonnement provenant des taches solaires ou des sources galactiques, il ne semble pas que les théories thermiques ou les théories basées sur les oscillations cohérentes des plasmas ioniques puissent expliquer d'une manière satisfaisante les phénomènes observés.

3. Dans le but d'associer les bruits radio-électriques de la galaxie avec le rayonnement cosmique, Kiepenhener ([4]) vient d'émettre l'idée que des hypothétiques électrons secondaires ($E = 10^2$ MeV), susceptibles d'accompagner les rayons cosmiques primaires, pourraient être la cause de bruits radio-électriques. En effet, ces électrons rayonneraient dans le champ magnétique intergalactique ($H = 10^{-6}$ gauss) les ondes électromagnétiques observées.

Mais, d'autre part, il est facile de se rendre compte que les protons, qui constituent la composante principale du rayonnement cosmique (et dont les énergies vont de 2.10^3 MeV à plus de 10^4 MeV) sont eux-mêmes capables d'émettre dans des champs magnétiques intenses des taches solaires ou dans ceux des étoiles, les ondes électromagnétiques, métriques et centimétriques, qui caractérisent précisément les *bruits* radio-électriques d'origine solaire et galactique.

4. La théorie classique du rayonnement des électrons relativistes dans des champs magnétiques, théorie due à O. Heaviside et M. Abraham, a été développée récemment, tout particulièrement par I. Pomeranchuk et L. Arzimovich ([5]). Transposée aux particules, de masse m fois plus grande que celle de l'électron, se déplaçant avec une énergie E (en MeV) dans un champ magnétique H, elle conduit ([6]) à l'expression suivante de la perte d'énergie par unité de parcours :

$$m^{-4}\, 1,3.10^{-19} H^2 E^2 \text{ MeV/cm}, \tag{1}$$

perte qui, aux vitesses relativistes se trouve concentrée presque entièrement sur la longueur d'onde

$$\lambda = m^3 . 2,75.10^3 H^{-1} E^{-2} \text{ cm}. \tag{2}$$

([2]) J. F. Denisse, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 467.

([3]) P. Auger, J. Daudin, J. Denisse et Mme Daudin, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1116.

([4]) *Phys. Rev.*, **79**, 1950, p. 738.

([5]) *J. Physics* (Moscou), **9**, 1945, p, 267; *cf.* B. Kwal, *Exposé aux Réunions d'études sur les accélérateurs des particules*, Paris, 1949.

([6]) B. Kwal, *J. Phys.*, **11**, 1950 (sous presse).

Dans le cas des protons, on a donc

(3) $\lambda_p = 1,65.10^{13} H^{-1} E^{-2}$ cm.

On trouve ainsi qu'un proton de 10^3 MeV dans un champ de 10^3 gauss rayonne sur $1,5.10^4$ cm, tandis qu'un proton de 10^4 MeV dans un champ de 10^4 gauss rayonne sur $16^{cm},5$.

On trouve d'autre part que ce rayonnement doit présenter un effet directif, ce qui semble être d'accord avec les observations de M. Laffineur.

Il semble donc possible d'interpréter en partie les *bruits* radio-électriques, en les assimilant au rayonnement électromagnétique des protons cosmiques dans les champs magnétiques des taches solaires et stellaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *La séparation de protactinium du tantale par échange des ions*. Note de M. **Yang Jeng-Tsong**, présentée par M. Frédéric Joliot.

La séparation est totale pour plus de 90 % du mélange et en une seule opération. L'échangeur est de l'Amberlite IR-4B et l'éluant une solution de FH additionnée de NH_4OH. Les deux corps sont décelés et caractérisés par leurs rayonnements respectifs.

La proportion de Pa étant très faible dans les minerais, il se trouve toujours entraîné avec des éléments à propriétés chimiques voisines. Les éléments utilisés comme entraîneurs sont Ta, Zr et Ti.

Malgré l'emploi fréquent d'éléments tétravalents, en particulier de Zr, c'est surtout le Ta qui demeure l'un des meilleurs entraîneurs du Pa. Leur séparation ultérieure est assez difficile. Les méthodes générales employées sont : 1° la solubilité du tantale dans une solution alcaline; 2° la partition des deux corps dans les phases solvant organique et solution aqueuse (1); 3° l'utilisation de la nouvelle valence récemment découverte par M. Haïssinsky et G. Bouissières (2).

Ayant réussi par la méthode d'échange ionique la séparation de Ra du Ba (3), et d'Ac du La (4), nous avons essayé de séparer le Pa du Ta par la même méthode.

Méthode expérimentale. — $12^{\mu c}$ de ^{182}Ta et $6^{\mu c}$ de ^{233}Pa, mélangés avec environ 2^{mg} de Ta inactif, sont d'abord convertis à l'état de citrate. Ils sont adsorbés sur une colonne de résine pour anions (l'Amberlite IR-4B) de hauteur $= 30^{cm}$, diamètre $0^{cm},65$ passant à travers un tamis de 200 mesh.

La colonne utilisée est une pipette de 10^{cm^3} en matière plastique, bouchée par un morceau de coton cellulosique. La partie effilée de la pipette porte un

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Communication privée de Mlle C. Ferradini.

(2) M. Haïssinsky et G. Boussières *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 256.

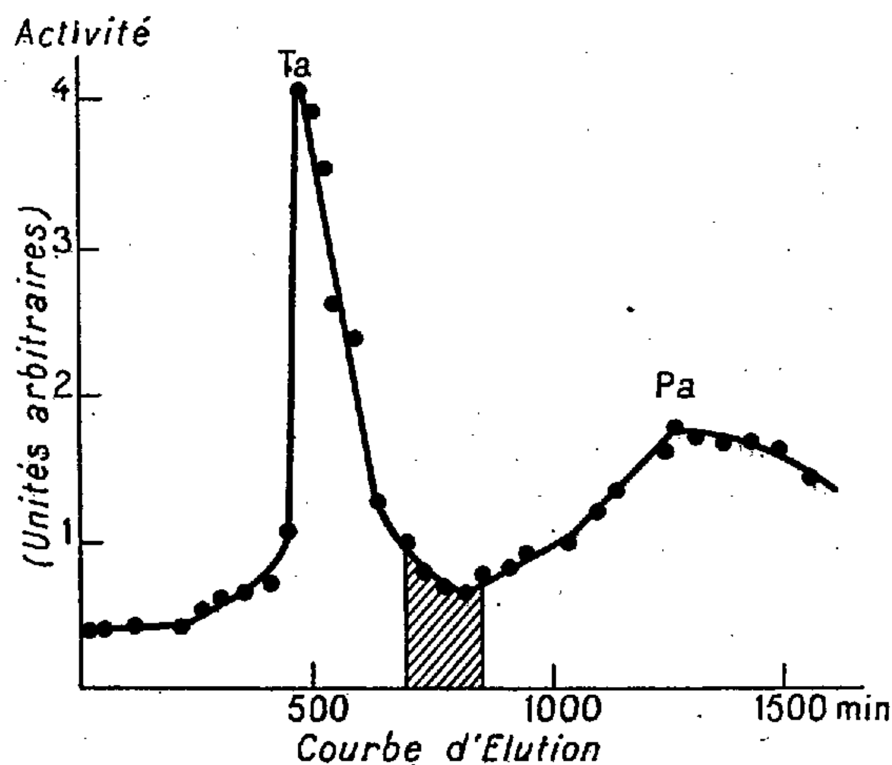
(3) E. R. Tompkins, *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 3520.

(4) J. T. Yang et M. Haïssinsky, *J. Soc. Chem. France*, 16, 1949, p. 546.

petit tube de caoutchouc qui s'enroule autour d'un compteur de G.-M. puis se rend à des récipients paraffinés. Ce dispositif permet de mesurer l'activité de l'éluant au cours de l'opération. Nous avons dû utiliser comme éluant une solution de FH à 6,5 N, ramenée à pH $\simeq$ 3 par l'NH_4OH concentrée, afin d'augmenter le pouvoir complexant des ions. La vitesse d'écoulement est réglée à 2 cm^3/heure.

Des essais préliminaires ont montré que le Pa sous forme de complexe citrique est si bien adsorbé par la résine, que les solutions habituelles d'acide citrique ou d'acide minéral, même concentré, ou même un mélange des deux, n'arrivent pas à le désorber. La concentration effective d'un ion peut être abaissée par la formation d'un complexe avec les acides citrique ou tartrique dans le cas de cations ([5]); de même, un rôle analogue serait joué par FH vis-à-vis des anions du Pa ou de ses homologues.

Résultats. — Après une élution prolongée, nous avons pu obtenir au moins 90 % de Pa exempt de Ta en une seule opération. Le Pa est élué après le Ta, comme le représente la courbe d'élution ci-dessous.



Les corps sont identifiés non seulement par leur activité respective, mais aussi par le coefficient d'absorption de leur rayonnement, de la façon suivante :

On dépose quelques gouttes de la solution éluée sur une lame de Pt. On évapore à sec après addition de SO_4H_2 pour éviter la volatilisation des fluorures sous l'action de la chaleur, puis on calcine : On compare les coefficients d'absorption de ces différents dépôts avec ceux de ^{182}Ta et ^{233}Pa purs, pour des écrans en Al de 36 à 52 mg/cm^2 en utilisant un compteur à paroi mince (fenêtre 2,88 mg/cm^2).

([5]) E. R. Tompkins, J. X. Khym et W. E. Cohn, *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2769.

Sauf dans la partie intermédiaire de l'éluant (voir partie hachurée de la courbe), qui représente moins de 10 % de l'activité totale, les rayonnements confirment qu'il s'agit bien de Ta et de Pa purs, ce dernier possédant une haute activité spécifique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de décomposition thermique en phase vapeur des nitroalcanes.* Note de M. **Claude Fréjacques**, présentée par M. Paul Pascal.

La cinétique de décomposition du nitrométhane, nitroéthane, nitropropane 1 et 2, a été étudiée sous des pressions de 4 à 40^{mm} de mercure entre 310 et 440° C. Seule la décomposition du nitrométhane avait fait l'objet d'une étude partielle antérieure (1) et tout récemment encore (2) dans un domaine de pression plus élevée.

La méthode de mesure employée était une méthode statique de mesure de pressions, le rapport : pression initiale/pression finale étant indépendant de la pression initiale et à peu près indépendant de la température. L'appareil de mesure était un manomètre type Bourdon en pyrex.

Le caractère homogène de ces réactions a été établi en faisant varier le rapport : volume/surface de la chambre par introduction dans celle-ci de tubes pyrex. Dans nos conditions expérimentales toutes ces réactions sont de 94 à 90 % homogènes. Par contre, la réaction dans une chambre en verre ordinaire, ou dans une chambre en acier, est plus rapide et fortement hétérogène.

Cinétique. — 1. *Nitrométhane.* — La décomposition est sensiblement d'ordre 1, en fonction des concentrations initiales, comme en fonction des concentrations dans le temps.

Il y a une faible augmentation systématique de l'ordre avec la température. L'énergie d'activation expérimentale qu'on en déduit augmente avec la pression initiale. Elle est de 40 kcal sous 4^{mm}, de 43 kcal sous 10^{mm} et de 46 kcal sous 30^{mm} de mercure. Cottrel (2) signale qu'elle est constante et égale à 52,7 kcal de 200 à 350^{mm}.

Nous avons étudié l'influence de différents gaz ou vapeurs sur les vitesses de décomposition : N_2 et H_2O sont sans effet. NO a une faible influence inhibitrice pour les concentrations inférieures au millimètre de mercure, une influence accélératrice pour les concentrations supérieures, comme dans la décomposition de l'acétaldéhyde.

O_2 a sur la réaction une influence accélératrice, mais ne présente pas d'action catalytique pour de faibles traces. H_2 diminue la vitesse de décomposition à peu près proportionnellement au rapport molaire H_2/CH_3NO_2.

(1) Taylor et Vesselovsky, *J. Phys. Chem.*, 38, 1935, p. 1095.
(2) Cottrel et Reid, *J. Chem. Phys.*, 1950, p. 1306.

Nous avons mis en évidence la décomposition induite du nitrométhane à 290° C, par les radicaux libres libérés du plomb tétraéthyl. En admettant la formation de 4 radicaux libres par molécule d'initiateur, la longueur des chaînes qu'on en déduit est de 5. La décomposition hétérogène due au plomb formé n'intervient pas, si l'on nettoie la chambre après chaque essai.

2. *Nitroéthane, nitropropane* 1 *et* 2. — Les résultats sont analogues; l'ordre en fonction des concentrations initiales est compris entre 0,9 et 1,3. La vitesse augmente constamment d'un terme au suivant. Nous avons groupé les résultats obtenus dans le tableau suivant, où nous donnons les valeurs A et E_{ex} de la relation $k = A\,e^{-(E_{ex}/RT)}\,\text{sec}^{-1}$. E_{ex} étant l'énergie d'activation expérimentale sous 10^{mm} de mercure.

	$A \times 10^{11}$.	E_{ex} (kcal).	E dissociation (kcal).
CH_3NO_2	2,5	42,8	57,7
$C_2H_5NO_2$	3,4	41,5	57,2
$C_3H_7NO_2 - 1$	5,4	41,5	56,3
$C_3H_7NO_2 - 2$	2,2	39	54,5

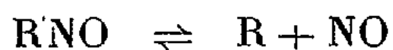
Nous avons mis en regard les enthalpies de dissociation $RNO_2 \rightarrow R + NO_2$ déduites des données thermochimiques ([3]). Contrairement à Cottrel (2), nous avons pris pour enthalpie de formation à partir des éléments du nitrométhane vapeur la valeur moyenne —17,6 kcal des auteurs antérieurs qui semble plus satisfaisante, eu égard aux énergies de dissociation des autres nitroalcanes.

Des expériences faites, il résulte que les mécanismes de décomposition des différents nitroalcanes sont semblables. De l'ordre global observé on déduit que la réaction initiale est quasi monomoléculaire. Les données thermochimiques sur les énergies de liaison indiquent que la réaction



$$RNO_2 \rightarrow RNO + O$$

demande au minimum 70 kcal. Compte tenu de nos résultats et de ces énergies de dissociation, la rupture $R - NO_2$ apparaît comme le stade initial le plus probable ainsi que le pensent Cottrel et Reid ([2]). La valeur de l'énergie d'activation aux basses pressions, la variation de l'ordre avec la température, l'induction par les radicaux libres, rendent probable une réaction en chaîne avec au moins deux réactions de terminaisons différentes. Le mécanisme doit présenter un caractère spécial du fait de la présence de NO dans les produits de décomposition; nous pensons qu'il est commandé par l'équilibre



$$RNO \rightleftharpoons R + NO$$

établi par Echols et Pease ([4]). Nous espérons pouvoir préciser ultérieurement ce mécanisme par l'analyse précise des gaz produits.

([3]) HOLCOMB et DORSEY, *Ind. Eng. Chem.*, **41**, 1949, p. 2788.

([4]) *J. Am. Chem. Soc.*, **60**, 1938, p. 1701.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la mesure des surfaces spécifiques de certaines argiles.* Note de M. **Stanislas Teichner**, présentée par M. Paul Pascal.

L'isotherme d'adsorption de l'azote à la température normale d'ébullition de cet élément, permet de calculer avec précision la surface spécifique du solide adsorbant à l'aide de l'équation de Brunauer, Emmett et Teller (1). Si les renseignements obtenus ainsi se sont révélés d'une grande importance dans l'étude et les utilisations de très nombreuses substances solides, pulvérulentes et poreuses, il est cependant nécessaire de faire des réserves sur la validité des résultats obtenus dès que le solide subit la moindre modification chimique ou se trouve placé dans des conditions différentes de celles exigées par le traitement sous vide précédant la mesure d'adsorption (2).

Au cours des travaux antérieurs (3) nous avons ainsi constaté que pour certaines argiles telles que la montmorillonite, des très petites quantités d'eau adsorbée peuvent rendre inaccessible à l'azote une fraction importante de la surface.

Les travaux résumés dans la présente Note montrent que, pour les mêmes solides, la nature de l'ion échangeable semble influer également, dans certains cas, sur la surface spécifique.

Nous avions constaté (*loc. cit.*) qu'une montmorillonite soigneusement purifiée, possède toujours une surface voisine de 80 m^2/g qu'elle soit à l'état de *terre acide* ou que les ions hydrogène aient été remplacés par des ions $Na^{\cdot}$ ou $Ca^{\cdot\cdot}$ lors d'une neutralisation par la quantité de base calculée d'après la capacité d'échange de la terre. Mais, il n'en est plus du tout de même lorsque la montmorillonite a été *activée*, c'est-à-dire soumise à une attaque acide qui a pour effet d'une part d'éliminer une fraction importante des ions Al, Mg et Fe, comme de l'eau de constitution, d'autre part de conférer à cette terre une activité catalytique vis-à-vis des hydrocarbures.

Jusqu'ici, la surface spécifique de ces terres avait été mesurée par nous-même (3) comme par Escard, Mering et Mlle Perrin-Bonnet (4) après neutralisation de la terre activée, parce que les terres sodiques ou calciques ont une stabilité thermique supérieure à celle des terres acides, et que le traitement thermique sous vide, précédant nécessairement l'adsorption, risquait moins de provoquer une modification chimique.

Toutefois, les résultats de ces mesures peuvent ne pas être transposables aux terres activées utilisées en catalyse, qui sont toujours des terres acides, et qui

(1) *Journ. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 309.
(2) M. Prettre, *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 99.
(3) *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 244.
(4) *J. Chim. Phys.*, 47, 1950, p. 234.

par l'addition de très petites quantités de base minérale ou organique perdent leur activité catalytique.

Divers échantillons d'une même montmorillonite ont été soumis à des traitements acides d'activation qui ne diffèrent l'un de l'autre que par le temps t de l'attaque ([5]). Après lavage, les terres activées acides ont été soumises à un chauffage sous vide (150°C) jusqu'à élimination de toute eau d'adsorption et de gonflement, puis leur surface a été mesurée par adsorption d'azote.

Le tableau ci-après montre comment varie en fonction de la durée t du traitement acide, la surface spécifique S (en m^2/g) de la terre activée.

t	0.	1h.	1h 30.	2h.	4h 30.	7h.
S................	87	291	312	290	233	203

La surface maxima est de l'ordre de 310 m^2/g pour une durée d'attaque de 1 heure 30 minutes. Elle est très supérieure à celle que nous avons obtenue antérieurement (212 m^2/g) et également à celles observées par Escard et al. (*loc. cit.*) pour des terres ayant subi un traitement très semblable, mais neutralisées ensuite par la soude. Elle est, par contre, du même ordre de grandeur que celle mesurée par Ries, Melik et Marvin ([6]) pour une terre activée acide, utilisée comme catalyseur dans l'industrie du pétrole.

Pour tenter d'expliquer l'écart considérable entre les surfaces des terres activées selon qu'elles sont acides ou neutralisées, nous avons procédé à la neutralisation par la soude décinormale de la terre acide présentant la plus grande surface, et effectué une nouvelle adsorption d'azote après un traitement sous vide garantissant le départ de toute l'eau adsorbée. La surface obtenue n'est plus que de 134 m^2/g contre 312 m^2/g. Les isothermes d'adsorption de butane normal à 0° effectuées sur la même terre, acide et neutralisée, montrent que le rapport des volumes d'azote et de butane adsorbés en couche unimoléculaire sur les deux solides conserve la même valeur dans les deux cas. L'accessibilité du butane à la surface est donc la même après comme avant la neutralisation.

Les présents résultats mettent en évidence un effet prononcé sur la surface d'un solide doué d'activité catalytique, d'une neutralisation qui n'exige qu'une quantité très limitée de base, alors que cette activité est conditionnée par la nécessité d'éviter tout contact entre la terre acide et une base minérale ou organique. Sans voir là une explication complète d'un mécanisme d'empoisonnement, il est cependant intéressant de souligner une évolution parallèle de la surface et de l'activité sous l'effet d'un même paramètre.

([5]) Ces échantillons activés nous ont été fournis par J. Mering du Laboratoire Central des Services Chimiques de l'État.

([6]) *Disc. Farad. Soc.*, 8, 1950, p. 303.

CHIMIE PHYSIQUE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la constitution chimique des caoutchoucs chlorés*. Note de M. **René Allirot**, présentée par M. Paul Pascal.

On groupe sous le terme de caoutchouc chloré toute une gamme de produits obtenus par divers procédés qui conduisent à des substances plastiques titrant de 60 à 66 % de chlore. Les travaux résumés dans la présente Note portent uniquement sur les produits résultant de l'action prolongée du chlore gazeux sur le caoutchouc naturel mis en solution dans le tétrachlorure de carbone.

Cette réaction a déjà fait l'objet d'études à la suite desquelles ont été proposées diverses formules de constitution du caoutchouc chloré. Mac Gavack (1) ainsi que Baxter (2) ont conclu à la formule $(C_{10}H_{13}Cl_7)_n$. Kirchhof (3) comme Nielsen (4) à $(C_{10}H_{12}Cl_8)_n$, et Bloomfield (5) à $(C_{10}H_{11}Cl_7)_n$. Ces divergences pourraient trouver une explication dans l'observation de H. et Hj. Staudinger (6), d'après laquelle la teneur en chlore varierait avec la masse moléculaire des polyisoprènes dont les chaînes ont fixé du chlore par addition et substitution.

Pour préciser cette répartition du chlore dans les constituants d'un caoutchouc chloré, une série d'échantillons de ces produits a été préparée, ces échantillons ont été fractionnés par précipitation et la teneur en chlore de chaque fraction a été déterminée.

Méthode de préparation. — Le caoutchouc naturel est mis en solution dans le tétrachlorure de carbone à la concentration pondérale de 3 %. La solution est portée à 50° et soumise à l'action d'un courant de chlore jusqu'à refus. Après dégazage, elle est versée dans de l'eau à 90°, ce qui chasse le solvant et précipite sous forme de flocons blancs le caoutchouc chloré qui est séché à l'étuve à 90°.

Méthode de fractionnement. — Le produit ainsi obtenu est mis en solution dans le toluène, les impuretés insolubles sont filtrées, puis plusieurs fractions sont précipitées successivement sous forme de coacervat par additions répétées d'éthanol. Les coacervats sont à nouveau dissous dans le toluène et les solutions versées dans dix fois leur volume de méthanol bouillant (7), le caoutchouc chloré précipite alors sous forme de flocons qu'un simple traitement de quelques heures à l'étuve à 70° suffit à débarrasser complètement de toute trace de solvant. La première fraction précipitée est toujours légèrement colorée par la présence d'impuretés qui rendent incertains les résultats analytiques.

Dosage du chlore. — Le chlore de chaque fraction est minéralisé par la méthode au peroxyde de sodium (8), puis dosé potentiométriquement en milieu sulfurique par le

---

(1) *Ind. Eng. Chem.*, 15, 1923, p. 961.
(2) *J. Soc. Chem. Ind.*, 55, 1936, p. 407.
(3) *Gummi Ztg.*, 46, 1932, p. 497.
(4) *Kautschuk*, 9, 1933, p. 167.
(5) *J. Chem. Soc.*, 1943, p. 289.
(6) *J. prakt. Chem.*, **162**, 1943, p. 148.
(7) J. P. Baxter et J. G. Moore, *J. Soc. Chem. Ind.*, 57, 1938, p. 327.
(8) Beamish, *Ind. Eng. Chem.* (*An. Ed.*, 6, 1934, p. 352).

nitrate d'argent. Un bon étalonnage du matériel et des solutions permet, comme l'ont montré des essais témoins, de doser le chlore avec une précision absolue de 0,5 %.

Les teneurs en chlore des différentes fractions obtenues à partir de deux préparations différentes sont données dans le tableau ci-après :

Échantillon n° 1. Fraction.	Teneur en chlore (%).	*Échantillon n° 2.* Fraction.	Teneur en chlore (%).
1	58	1	63,6
2	65,2	2	65,5
3	65,4	3	65,4
4	65,4	4	65,5
5	65,2	5	65,7
6	65,8	6	65,4

La première fraction de chaque échantillon a une teneur en chlore nettement plus faible que les autres. Ceci doit être attribué essentiellement à la présence d'impuretés, car une purification plus poussée de l'échantillon n° 2, avant fractionnement, atténue beaucoup cette différence. Par contre, toutes les autres fractions ont la même teneur en chlore, soit 65,5 %, aux erreurs de dosage près. Les teneurs théoriques en chlore correspondant aux diverses formules proposées sont de 68,24 % pour $(C_{10}H_{12}Cl_8)_n$, 65,42 % pour $(C_{10}H_{11}Cl_7)_n$, et 65,08 % pour $(C_{10}H_{13}Cl_7)_n$.

Les résultats du présent travail tendent donc à prouver que par action poussée du chlore sur les polyisoprènes, on obtient des composés chlorés répondant à la formule $(C_{10}H_xCl_7)_n$, quelle que soit leur masse moléculaire. La teneur exacte en hydrogène de ces produits doit être recherchée dans le dosage de l'acide chlorhydrique dégagé durant la réaction, et les mesures dans ce sens sont en cours. D'autre part, les déterminations de pression osmotique et de viscosité intrinsèque, déjà abordées, doivent permettre de déterminer sans ambiguïté le degré moyen de polymérisation de chaque fraction.

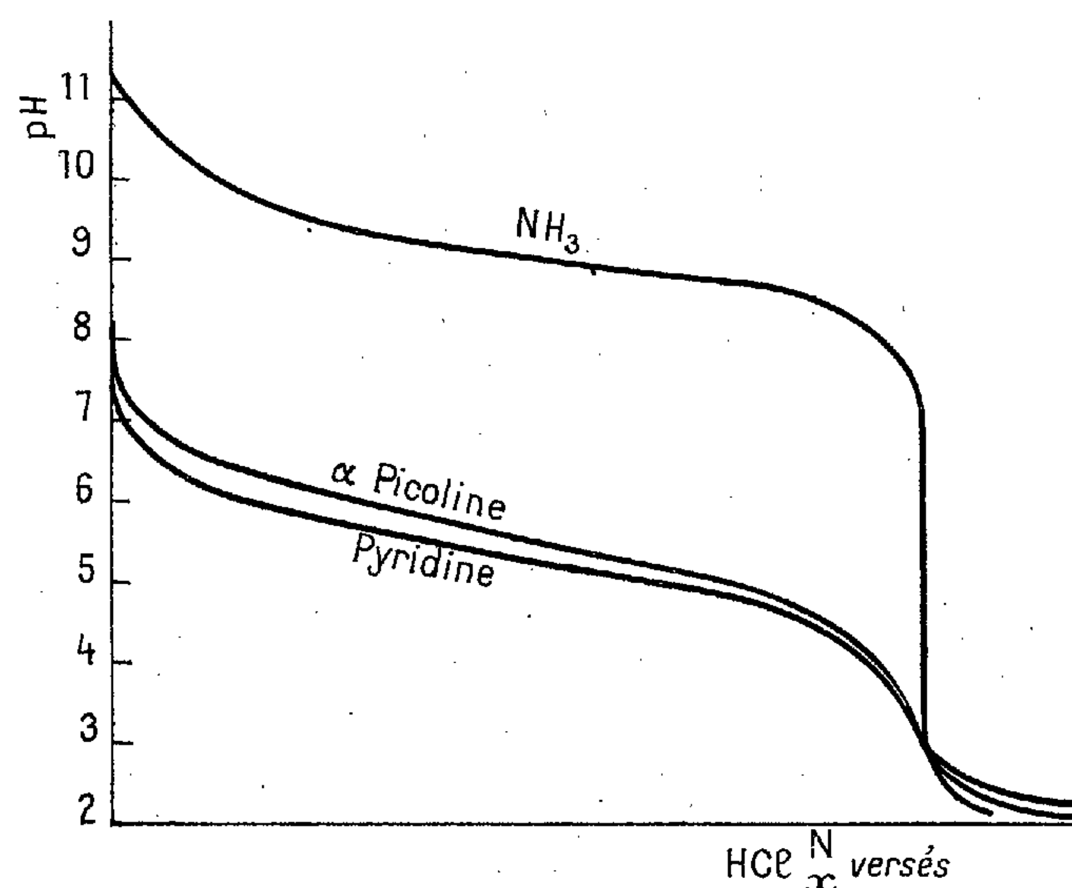
CHIMIE ANALYTIQUE. — *A propos du dosage de l'azote hétérocyclique par kjeldahlisation.* Note (*) de M. **Jean Ploquin**, présentée par M. Paul Pascal.

Le dosage de l'azote hétérocyclique est possible par kjeldahlisation, mais certaines précautions doivent être prises; le choix de l'indicateur pour le dosage final de l'ammoniac en particulier est important à considérer.

La méthode de Kjeldahl, malgré les nombreuses modifications qu'on lui a fait subir, est notamment en défaut lorsqu'il s'agit de doser l'azote hétérocy-

(*) Séance du 6 novembre 1950.

clique. Ce problème est pourtant intéressant, particulièrement dans le domaine biologique, car c'est une des méthodes qui s'appliquent le plus facilement à l'échelle semi-micro ou micro-analytique, souvent nécessaire alors. J'ai eu à contrôler les teneurs en azote de composés dérivés de la pyridine; les diverses solutions proposées dans la littérature ne m'ont pas donné entière satisfaction ou bien ne se prêtaient pas à une mise en œuvre facile et générale, enlevant ainsi tout intérêt à la méthode de Kjeldahl. J'ai d'ailleurs remarqué que, outre la fonction (noyau pyridique) sous laquelle l'azote figure dans le composé analysé, la structure de la molécule influe aussi notablement sur l'efficacité de la méthode de minéralisation. Ceci n'est d'ailleurs pas spécial à ce problème particulier; seul des trois nitrophénols, l'isomère ortho est intégralement minéralisé ([1]); c'est le contraire chez les nitranilines ([2]). On peut d'ailleurs donner de ces résistances une interprétation théorique sur laquelle je reviendrai dans une prochaine Note, en même temps que sur les détails de la méthode qui m'a donné satisfaction pour les analyses indiquées précédemment.



J'insisterai seulement ici sur le choix de l'indicateur de pH à employer pour le dosage final de l'ammoniac. Dans bien des cas, malgré une cuisson prolongée après la décoloration, il est impossible de savoir si tout l'azote est passé intégralement à l'état d'ammonium. Dans le traitement ultérieur à la soude, la pyridine non transformée peut être entraînée et venir perturber le dosage. En général il en résulte, avec les indicateurs habituellement recommandés, un virage peu net, d'où une erreur inacceptable. Je l'ai observé avec toutes les

---

([1]) MARGOSCHES et VOGEL, *Ber.*, 55, 1922, p. 1380.

([2]) SISLEY et DAVID, *Bull. Soc. Chim.*, 45, 1929, p. 312.

méthodes ne conduisant pas à une minéralisation parfaite. Or si l'on compare les courbes de neutralisation des bases pyridiques et de l'ammoniaque, on constate qu'on ne peut doser l'ammoniaque en présence des bases hétérocycliques qu'à la condition d'employer un indicateur dont la zone de virage soit voisine de 7,2. La couleur *acide* doit apparaître pour les pH inférieurs à 7. Même dans ces conditions, certains homologues de la pyridine pourraient influer sur la netteté du virage ($\alpha - \gamma$ lutidine et même α picoline); fort heureusement ces molécules sont, parmi les bases pyridiques, les plus facilement attaquées.

Un autre élément favorable limite l'influence des pyridines entraînées : pour les prises d'essai courantes et même en admettant une résistance quasi totale à la minéralisation, la concentration en base pyridique dans le distillat correspond alors à des solutions N/10 000 ou N/1 000 au maximum, alors que tout l'ammoniac sera passé dès le début; donc en dosant celui-ci au fur et à mesure de son arrivée, le virage, pour un indicateur bien choisi, pourra garder sa netteté sans être influencé par la distillation ultérieure.

L'expérience m'a entièrement confirmé cette façon de voir. L'emploi d'un indicateur mixte au rouge de méthyle et bleu de méthylène, qui vire entre 4,8 et 5,8, très sensible lorsqu'il s'agit de doser l'ammoniac seul, est déconseillé ici : son virage est peu net; en présence de 30 % de base pyridique non détruite, on note une erreur de plus de 10 % sur le dosage de l'ammoniac. Au contraire, avec un indicateur à base de rouge de phénol et de bleu de bromothymol, qui vire du jaune vert (pH 7) au violet bleu (pH 7,3), on ne dose que l'ammoniac; la netteté du virage n'est pour ainsi dire pas influencée par la présence de base pyridique. On a même pu ajouter directement dans le verre récepteur où est effectué le dosage, une quantité de pyridine équivalente à trois fois celle de l'ammoniac dosé sans s'écarter très sensiblement de la teinte neutre.

On peut donc conclure que le dosage d'ammoniac en présence de bases pyridiques est possible; il suffit de choisir un indicateur convenable tel que celui proposé plus haut.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dimérisation phosphorique des cyclènes en phase vapeur. Étude du dimère du cyclopentène.* Note (*) de MM. **Robert Truffault** et **Jacques Dumontet**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons effectué, avec de bons rendements, la dimérisation sur anhydride phosphorique et à 200° du cyclopentène en cyclopentyl-cyclopentène, en utilisant un appareil à marche continue. Nous avons préparé et caractérisé quelques dérivés cristallisés de ce carbure.

Comme l'ont montré R. Truffault ([1]), puis J. Barras ([2]), l'anhydride phos-

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) *Bull. Soc. Chim.*, [5], 3, 1936, p. 442-459.

([2]) *Thèse de Doctorat*, Clermont-Ferrand, 1948.

phorique est un excellent catalyseur de polymérisation des cyclènes. Les essais, portant principalement sur le cyclohexène et divers alcoyl-cyclohexènes, étaient effectués dans un extracteur du type Soxhlet dont la cartouche contenait l'anhydride phosphorique. La température d'ébullition suffisamment élevée de ces carbures permettait d'atteindre des rendements de 70 à 80 % en dimère.

Avec des cyclènes de point d'ébullition inférieur à celui du cyclohexène (cyclopentène par exemple), l'opération est très pénible au Soxhlet en raison de la faible vitesse de dimérisation à la température d'ébullition du carbure.

Nous utilisons un appareil à marche continue dans lequel les vapeurs du monomère traversent une colonne d'anhydride phosphorique sur ponce. Cette colonne est portée à la température voulue à l'aide d'un four électrique. Le dimère et les polymères d'ordres supérieurs formés au contact de l'anhydride phosphorique sont entraînés par les vapeurs du monomère et retournent dans le ballon où ils s'accumulent. Nous avons réussi, avec cet appareil, la dimérisation du cyclopentène avec un rendement satisfaisant ([3]).

I. POLYMÉRISATION DU CYCLOPENTÈNE. — L'opération dure 20 heures. L'anhydride phosphorique est maintenu à 200°, température à laquelle la vitesse de polymérisation est notable. On obtient un mélange d'où l'on extrait, en dehors du cyclopentène n'ayant pas réagi, les fractions :

(I) É_{14} 75-79°, avec un rendement de 37 %, correspondant au dimère;

(II) É_{14} 150-162°, avec un rendement de 15 %, correspondant au trimère et une petite quantité de polymères d'ordres supérieurs.

II. ÉTUDE DE LA FRACTION (I) : CYCLOPENTYLCYCLOPENTÈNE. — 1. C'est une huile incolore dont les constantes sont : É_{740} 187-193°; n_D^{18} 1,490; d_{18}^{18} 0,901; R. M. calculé 43,5; trouvé 43,6.

Wallach ([4]), Godchot et Taboury ([5]), Harries et Wagner ([6]) signalent pour le cyclopentyl-1 cyclopentène préparé par des méthodes toutes différentes des constantes très voisines.

Nous avons effectué sur ce composé quelques réactions dans le but de mettre en évidence sa nature de carbure éthylénique.

2. *Hydrogénation*, en phase liquide, à froid, en présence de nickel réduit à 3 % de chrome. On recueille, à la distillation, un carbure ayant les caractéristiques du dicyclopentyle : É_{16} 71°; n_D^{18} 1,4715; d_{18}^{18} 0,877; R. M. calculé 44,00; trouvé 44,02; indice de brome par la méthode de Winckler ($Br—BrO_3K$) : théorique 0; trouvé 1,9 (traces de cyclopentyl-cyclopentène non hydrogéné).

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 420.

([4]) *A.*, **389**, 1912, p. 181.

([5]) *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 1626; *Bl.* [4], **13**, p. 540.

([6]) *A.*, **430**, 1915, p. 39.

3. *Additions d'hydracides* en milieu chloroformique à 0°. Ces additions conduisent à des dérivés monohalogénés que l'on purifie par recristallisations dans l'acétone à basse température.

a. ClH donne le chloro-1 cyclopentyl-1 cyclopentane avec un rendement de 70 %. F 7°; $É_{20}$ 105-107°; dosage de chlore : Cl théorique ($C_{10}H_{17}Cl$) 20,5; trouvé 20,1,

b. BrH donne 50 % de bromo-1 cyclopentyl-1 cyclopentane : F 24°; $É_{23}$ 120-125°; dosage de brome : Br théorique ($C_{10}H_{17}Br$) 36,9; trouvé 37,2.

c. IH conduit au iodo-1 cyclopentyl-1 cyclopentane, libérant assez rapidement de l'iode à température ordinaire. Dosage d'iode : I théorique ($C_{10}H_{17}I$) 48,1 ; trouvé 46,5.

4. *Addition de brome,* à 0° et à l'obscurité en solution chloroformique. Après élimination sous vide du chloroforme, il se produit une abondante cristallisation. On obtient, par recristallisation dans l'acétone, des aiguilles se décomposant à la distillation. Point de fusion instantané au bloc Maquenne = 160°. C'est un dibromodicyclopentyle comme le montre le dosage de brome : Br théorique ($C_{10}H_{16}Br_2$) 54,1 ; trouvé 54,6, identique au dibromo-1-2 dicyclopentyle de Godchot et Taboury (5).

5. *Fixation de* ClNO. — Elle donne un dérivé bien cristallisé que nous avons d'une part recristallisé trois fois dans l'acétone à basse température et d'autre part entraîné à la vapeur d'eau. Dans les deux cas, nous avons obtenu de petits cristaux bleutés à odeur de camphre ; F 84° : point de fusion nettement distinct de celui du nitrosochlorure signalé par Wallach (F 113-114°) (4).

Ces différents essais nous apprennent que la fraction (I) est un dérivé de la série du cyclopentyl-cyclopentane possédant une seule double liaison. La dimérisation phosphorique à 200° du cyclopentène permet donc la préparation du cyclopentyl-cyclopentène avec un rendement intéressant.

Nous poursuivons nos recherches dans le but d'étendre ces résultats aux alcoyl-cyclopentènes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Fluoration du thiophène en phase vapeur. Fractionnement du mélange gazeux.* Note de M. **Jean Neudorffer**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'attaque du thiophène pur, en phase vapeur, par le fluor dilué dans l'azote, donne des mélanges de liquides et de gaz dont la composition varie suivant les conditions expérimentales, et que l'on recueille aisément dans des condenseurs de verre refroidis dans l'air liquide. Les fluorations sont faites de telle sorte qu'elles diffèrent entre elles uniquement par les proportions relatives de fluor et de vapeur de thiophène, la dilution du fluor dans l'azote restant constante. Après chaque opération, l'appareil est soigneusement purgé avec de l'azote, puis on laisse les condenseurs se réchauffer jusqu'à la température ordinaire, la fraction gazeuse étant recueillie sur la cuve à mercure. Finalement on

procède à un balayage par un courant lent d'azote et tous les gaz sont ensuite réunis. Les produits liquides restent dans l'appareil.

Une partie aliquote de chaque mélange gazeux est traitée par la potasse aqueuse qui élimine une petite quantité d'anhydride carbonique et de fluorures de soufre inférieurs; la présence d'anhydride carbonique est due à des traces d'oxyde de fluor (moins de 1 % du fluor employé).

Le fractionnement du mélange gazeux restant est impraticable avec les colonnes à reflux à basse température généralement employées pour les fluorures de carbone. Ici l'hexafluorure de soufre se sublime et vient obstruer les canalisations. Bigelow et ses collaborateurs ([1]) ont rencontré la même difficulté avec des produits fluorés contenant une forte proportion d'anhydride carbonique et de fluorure de silicium, tous deux également sublimables. Nous avons d'ailleurs évité la production de fluorure de silicium par l'emploi de fluor exempt d'acide fluorhydrique, et en retenant, à l'aide de fluorure de sodium, l'acide qui se forme au cours de la fluoration.

Après le traitement à la potasse, on procède de nouveau à la condensation des gaz dans un récipient plongeant dans l'air liquide et relié à une trompe à chute de mercure; on fait le vide, ce qui élimine l'azote non condensable. Les produits retenus par l'air liquide, qui constituent une masse solide, incolore, sans tension de vapeur, sont réchauffés jusqu'à une température donnée pour laquelle certains constituants passent à l'état gazeux; ceux-ci sont extraits jusqu'à pression nulle. La masse est ensuite liquéfiée, puis refroidie dans l'air liquide et ramenée à la température d'extraction; les gaz libérés sont tirés à la trompe. Cette opération a pour but d'éviter toute rétention de produit volatil au sein de la masse restante solide. Les températures d'extraction sont choisies de telle sorte que un, ou, au plus, deux des constituants aient une tension de vapeur faible mais appréciable.

Diverses fractions ont été ainsi isolées, dans lesquelles on dose le fluor et le soufre par la méthode précédemment décrite ([2]). Les résultats obtenus, correspondant à une fluoration, sont consignés dans le tableau ci-dessous. Ils se sont reproduits, au point de vue qualitatif, dans nos autres opérations; seules les proportions relatives des divers constituants ont changé.

Température d'extraction.	Pression au début de l'extraction (mm).	Fluor pour 22l,4 (g).	Soufre pour 22l,4 (g).	Nature des constituants.
$-175°$	6	76	0	CF
$-160°$	1	113,5	0	C_2F_6
$-145°$	1,5	113,9	26,12	$C_2F_6+SF_6$
$-120°$	4	133,4	16,54	$SF_6+C_3F_8$
Résidu	–	179,4	0	$C_3F_8+C_4F_{10}$

([1]) Hadley et Bigelow, *J. Am. Chem. Soc.*, 62, 1940, p. 3302.

([2]) Neudorffer, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 750.

En dehors de l'hexafluorure de soufre, aisément caractérisé, nous avons pu préciser la nature des constituants fluocarbonés en tenant compte de leurs propriétés physiques d'une part, et, d'autre part, en calculant leur volume gazeux et leur teneur en fluor. Ces données sont obtenues en déduisant du volume et de la teneur en fluor du mélange, les valeurs correspondant au SF_6 présent.

En résumé, le fractionnement des produits gazeux obtenus au cours de la fluoration du thiophène en phase vapeur a montré qu'ils sont formés essentiellement d'hexafluorure de soufre et d'une série de fluorures de carbone saturés allant de CF_4 à C_4F_{10}. Ces résultats n'ont pu être vérifiés que grâce à une extraction des constituants sous faible pression, à différents paliers de température que nous avons déterminés avec précision.

NOTE. — Le fait de voir apparaître des quantités très importantes de SF_6 dans le mélange tiré à — 145° semble en contradiction avec les valeurs de la tension de vapeur de ce composé déduites des formules données dans la bibliographie ([3]). Nous essayons de déterminer la cause de cette anomalie.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Le mésodichlorodiphénylnaphtacène péri.* Note (*) de M. **Jean Jolly**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Principe de la méthode de préparation du mésodichlorodiphénylnaphtacène péri. Quelques propriétés du corps : périconjugaison des chlores, spectre, photooxydabilité.

Dans une Note précédente ([1]) nous avions annoncé la formation, à côté du dichloro-9.11 diphényl-10.12 naphtacène (II) déjà connu, à structure dia, d'un isomère, le dichloro-10.11 diphényl-9.12 naphtacène, $C_{30}H_{18}Cl_2$ (I), F_{inst} 241-242° dont la structure péri ressortait sans ambiguïté d'une étude d'ensemble. La présente Note concerne la préparation et certaines propriétés du nouvel isomère.

La matière première de départ est un certain corps jaune $C_{30}H_{20}Cl_4$, F 310°, antérieurement décrit ([2]) et qui provenait de l'action du pentachlorure de phosphore indifféremment sur le benzoylphénylacétylène ou sur le dibenzoylméthane; ce corps perd facilement deux molécules d'acide chlorhydrique pour donner le dichlorodiphényl naphtacène dia (II), anciennement connu. La technique primitive consistait à chauffer à 200° ce corps jaune avec la quinoléine comme déchlorhydratant : elle ne donne que 4 % environ d'isomère

([3]) Schumb, *Ind. eng. chem. Ind. Ed.*, 39, 1947, p. 422.

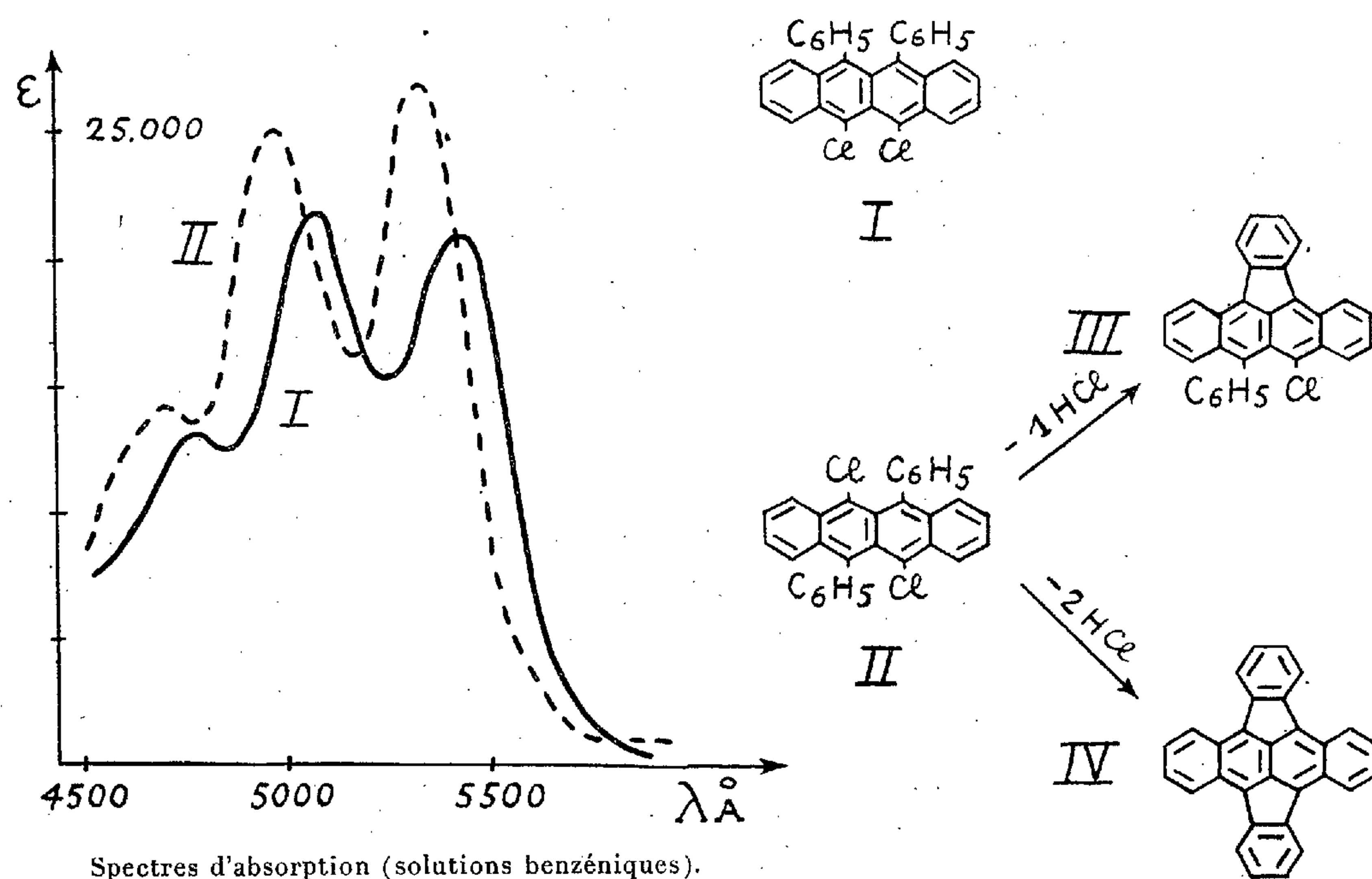
(*) Séance du 23 octobre 1950.

([1]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Jolly, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 5.

([2]) Ch. Dufraisse et R. Buret, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 962.

nouveau, noyé dans les résines, à côté de 35 % d'isomère ancien, ce qui explique pourquoi la formation du corps avait échappé lors des premiers travaux.

On s'est attaché tout d'abord à relever le rendement. On y est parvenu en recourant à un adjuvant supérieur à la quinoléine et en améliorant la technique. Le meilleur déchlorhydratant s'est révélé être l'acridine, utilisée comme il suit : on chauffe en tube scellé à 190° pendant 2 heures un mélange de corps jaune avec 4[mol] d'acridine; la masse rouge foncé est reprise au benzène, et, après les traitements usuels, concentrée à sec. On ajoute de l'éther qui précipite l'isomère dia peu soluble, alors que l'isomère péri passe en solution avec d'autres produits. Le mélange complexe est soumis à l'analyse chromatographique en cyclohexane sur alumine d'activité voulue. Après passage de la solution, le chromatogramme fixé est étalé au cyclohexane pur; une première série de zones se détachent, parmi lesquelles se trouve celle de l'isomère péri.



Spectres d'absorption (solutions benzéniques).

On continue l'élution du chromatogramme au mélange cyclohexane-benzène qui fait apparaître de nouvelles zones. On sépare ainsi, parmi une dizaine d'autres corps en cours d'étude, l'isomère péri avec un rendement de 15 %. Ajoutons, à titre d'information, que l'isomère ancien, dia, est obtenu dans la proportion de 40 %, la somme des autres produits s'élevant à 25 %, soit un rendement global en produits cristallisés séparés s'élevant à 80 %.

Le corps dichloré péri se présente en petits prismes carrés, rouge vermillon, solubles dans l'éther et le benzène et peu dans d'alcool. Il présente le système

ordinaire des bandes d'absorption de la région naphtacénique, mais son spectre est très nettement décalé de 125 Å environ vers le rouge par rapport à son isomère dia (*fig.*). Cette anomalie est conforme, en signe et en valeur numérique, à la théorie de l'« effet péri » des chlores en méso énoncée récemment par Clar et Marschalk (³). Les solutions sont photosensibles comme celle de l'isomère dia, mais moins fluorescentes. En solution sulfocarbonique diluée, l'isomère péri se photooxyde normalement, en donnant un peroxyde transannulaire $C_{30}H_{18}Cl_2O_2$, dont le point de fusion instantané au bloc est de 245-247°. Chose curieuse, chauffé lentement, le même corps subit un réarrangement explosif dès 120°, sans dégagement gazeux; si l'on continue à élever la température, on observe une décomposition avec dégagement d'acide chlorhydrique et de chlore contenant un peu d'oxygène (moins de 5 % rapportés à la dissociation intégrale du photooxyde).

On sait que le dichlorodiphénylnaphtacène à structure dia, soumis à l'action de la potasse dans le naphtalène à la fusion, donne, dans un premier stade, le chloro-11 phényl-10 phénylène-9.12 naphtacène (III), par perte d'une molécule d'acide chlorhydrique, puis, dans un deuxième stade, le diphénylène-9.12, 10.11 naphtacène (IV), par perte de deux molécules d'acide chlorhydrique (⁴). Or l'isomère péri, traité dans les mêmes conditions, est peu attaqué et, comme on devait s'y attendre d'après sa structure, ne fournit pas le corps violet (III).

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de l'Ile d'Haïti, Grandes Antilles.*
Note (*) de M. **Jacques Butterlin**, présentée par M. Charles Jacob.

L'esquisse de la République d'Haïti, dressée par l'éminent géologue américain W. P. Woodring et ses collaborateurs (¹) permet de distinguer deux zones d'étendues très inégales : le Massif du Nord où dominent les formations crétacées et antécrétacées et les autres régions de la République où sont surtout représentées les formations nummulitiques et miocènes. Si l'on se rappelle que les Grandes Antilles ont été soumises à deux grands plissements : le plissement laramien au Crétacé supérieur et le plissement alpin au Miocène supérieur et au Pliocène, on comprend que le Massif du Nord soit considéré comme appartenant à la chaîne laramienne, tandis que les autres massifs de la République feraient partie de la chaîne alpine.

(³) *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 433,

(⁴) Ch. Dufraisse, R. Buret et R. Girard, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 53, 1933, p. 782; Ch. Dufraisse et R. Girard, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 1359.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

(¹) W. P. Woodring, J. S. Brown et W. S. Burbank, *Geology of the Republic of Haïti*, 1924, Dépt Travaux Publics, Port-au-Prince, 631 pages, 40 planches, 37 figures. Traduction française de M. Delporte.

Le Massif du Nord est la prolongation vers le Nord-Ouest de l'importante Cordillère centrale dominicaine, la plus haute des Antilles, avec des sommets dont certains dépassent 3000^m d'altitude. Ces chaînes sont essentiellement constituées de roches endogènes : intrusives (diorite quartzifère) et extrusives (andésites et basaltes surtout) et de roches métamorphiques, les formations sédimentaires apparaissant seulement en bordure. Au contraire, les autres chaînes sont formées surtout de calcaires nummulitiques et de roches détritiques néogènes, avec des affleurements plus ou moins étendus de roches volcaniques. Sauf la Cordillère septentrionale dominicaine, elles sont situées au Sud-Ouest de la chaîne laramienne, conformément à la règle qui veut que les chaînes antillaises les plus récentes soient plus méridionales que les plus anciennes.

Mais Woodring et ses collaborateurs, ne disposant que de six mois pour la totalité de la République d'Haïti, région montagneuse et aux routes peu nombreuses, avaient renoncé à pénétrer au cœur des massifs difficiles d'accès, en particulier de ceux qui s'étendent dans la presqu'île du Sud, c'est-à-dire ceux de la Selle et de la Hotte, qui comportent les pics les plus élevés de la République. Étudiant leur bordure, ils ont naturellement rencontré surtout les séries les plus récentes et, dans leur esquisse, ont laissé en blanc les axes des massifs.

L'exploration du cœur des massifs de la Selle et surtout de la Hotte m'a montré que les affleurements des formations crétacées et précrétacées, c'est-à-dire antérieures au plissement laramien y présentent une étendue considérable. Elles appartiennent essentiellement à deux grands types. Le premier est constitué par des roches volcaniques, essentiellement basaltiques déjà signalées par Woodring en particulier dans le Massif de la Selle, mais qui ont une extension beaucoup plus grande. Notons qu'une partie de ces basaltes s'est épanchée sur les fonds sous-marins et qu'ils dérivent pour la plus grande part d'un volcanisme fissural. Woodring les considère comme crétacés supérieurs. Ils sont, en tout cas, antérieurs au plissement laramien. Le second type, d'une importance théorique considérable, est constitué par des calcaires métamorphiques qui affleurent sur les principaux sommets de l'axe du Massif de la Hotte, mais que, jusqu'à présent, je n'ai pas rencontrés dans le Massif de la Selle. Woodring en avait signalé quelques affleurements et avait soupçonné leur grande extension. Leur soubassement ne semble pas apparaître. Ce sont probablement les roches les plus anciennes de la région, mais l'absence de fossiles rend, jusqu'à présent, la détermination précise de leur âge impossible. Ils sont très fortement plissés, beaucoup plus en particulier que les calcaires nummulitiques; ils sont certainement prélaramiens et, pour la plus grande part, probablement antérieurs aux roches volcaniques qui constituent le premier type. Leur extension et leur épaisseur considérables montrent qu'ils dérivent d'un métamorphisme général. Aucune roche intrusive n'a été trouvée à leur contact. Le métamorphisme se marque par une recristal-

lisation de la roche avec développement de veines de calcite, par la silicification parfois très poussée, enfin par l'apport d'éléments ferrugineux et cuivreux, qui entraînent la coloration des calcaires, en particulier en rouge et en vert; il est lié à la formation de la chaîne laramienne, et éventuellement d'une chaîne plus ancienne.

Ces découvertes modifient la conception de la structure de l'Ile d'Haïti. Le plissement laramien a dû faire apparaître deux chaînes divergentes correspondant à la Cordillière Centrale et au Massif du Nord d'une part, de direction SE-NO, et aux Massifs de Bahoruco, de la Selle, de la Hotte d'autre part, de direction E-O. La différence dans l'orientation des deux chaînes est peut-être due à l'existence d'une masse continentale, formant coin entre les deux chaînes. On a depuis longtemps, en effet, supposé que l'emplacement de la fosse de Bartlett, dont la formation est liée au plissement alpin, avait été occupé antérieurement par une masse continentale, plus tard effondrée. La plus géosynclinale des deux chaînes est probablement celle du Nord.

Ces chaînes, édifiées au Crétacé supérieur, ont été profondément érodées pendant le début de l'Éocène. C'est surtout à l'Éocène supérieur et à l'Oligocène, dont Woodring paraît avoir sous-estimé l'étendue des affleurements, que la mer a réenvahi Haïti, en particulier la région comprise entre les deux chaînes. La Presqu'île du Sud et le Massif du Nord ont été aussi largement envahis par la mer.

Les plissements mio-pliocènes ont esquissé les contours actuels de l'Ile; les deux presqu'îles qui s'avancent vers l'Ouest, au Nord et au Sud de la République d'Haïti marquant, encore aujourd'hui, les axes des chaînes laramiennes.

L'analogie qui existe entre l'histoire géologique du Massif du Nord et celle des Massifs du Sud amène à se poser le problème de l'âge relatif de leurs roches volcaniques, en particulier de leurs basaltes. Woodring les avait considérés comme étant d'âge très différent : ceux du Nord étant au moins jurassiques; ceux du Sud, crétacés supérieurs. Mais aucun des arguments n'est absolument décisif et irréfutable. Il semble vraisemblable, en raison du parallélisme qui apparaît maintenant entre l'évolution des deux régions, qu'au moins une partie des roches volcaniques que l'on y rencontre est du même âge.

GÉOLOGIE. — *Observations au sujet d'enclaves déplacées dans un granite près de Saint-Nazaire (Loire-Inférieure).* Note de M. **Jean Cogné**, transmise par M. Alexandre Bigot.

Au Sud-Ouest de Saint-Nazaire, entre cette ville et la pointe de Chémoulin, les affleurements le long de la côte et dans l'intérieur montrent des embréchites lit par lit très feldspathiques à trame localement riche en sillimanite et semblables à celles que l'on peut observer dans le golfe du Morbihan entre

Vannes et Port-Navalo. Ces migmatites sont recoupées plus à l'Ouest par le massif granitique de Guérande qui émet ici des filons parfois importants de granite fin et leucocrate. C'est le cas particulièrement à Saint-Marc, à l'Ouest du Fort de Lève, où l'on peut noter dans le granite de curieuses figures d'enclaves permettant de jeter quelque lumière sur son mode de mise en place.

Une petite pointe rocheuse située à 300^{m} à l'Ouest du Fort de Lève permet d'observer en effet dans une importante venue granitique, large de quelques dizaines de mètres et située dans les embréchites, des zones hétérogènes plus riches en biotite que le reste du granite. Celle-ci, par sa disposition, souligne dans le granite une orientation parfois très nette. Dans ces zones on voit fréquemment des petits morceaux d'embréchite (5-15^{cm}) à grain assez fin, bien reconnaissables en général, allongés suivant leur schistosité et dont les bords sont estompés par une couronne finement cristalline de biotite et feldspath, large tout au plus de 1^{cm}, et faisant transition entre le granite et les embréchites. Souvent de petites enclaves à digestion plus avancée sont visibles et il ne reste plus dans le granite que des taches floues particulièrement chargées en biotite.

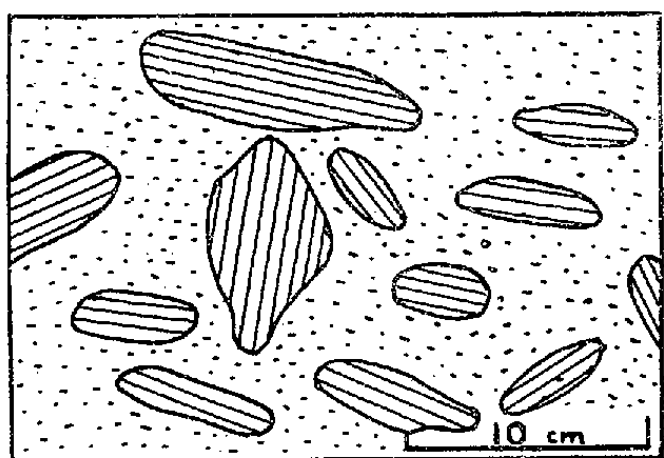


Fig. 1.

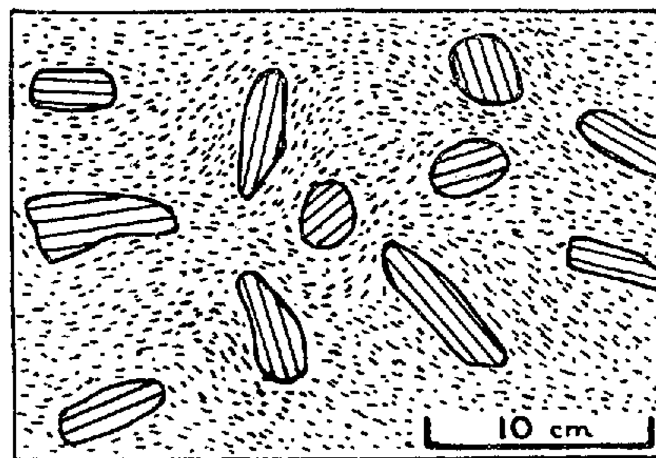


Fig. 2.

En deux endroits différents on peut voir ces enclaves assez serrées pour donner l'impression d'une sorte de brêche. Les éléments, de petite taille, sont formés de morceaux d'embréchite à contours arrondis, nettement allongés suivant leur délit et ne dépassant pas 10^{cm} de long. Dans leur ensemble ils sont grossièrement parallèles les uns aux autres et aussi à l'orientation du granite. Mais on rencontre fréquemment des éléments obliques ou même placés perpendiculairement à l'orientation générale, comme c'est le cas pour deux fragments très rapprochés l'un de l'autre que l'on peut voir sur la figure 1. D'autre part l'orientation du granite, nette en général dans les endroits riches en enclaves, est parfois assez marquée pour que l'on puisse voir les files biotitiques contourner ces dernières (*fig.* 2).

D'après ces figures d'enclaves il semble difficile de mettre en doute un état correspondant à une semi-fluidité du granite au moment de sa mise en place. Les morceaux de direction oblique ou transverse sont trop rapprochés les uns

des autres et de direction trop variable pour qu'on puisse penser à une cristallisation à l'état solide dans une roche auparavant déformée, d'autant plus que dans une telle hypothèse il serait invraisemblable de ne trouver aucun élément d'embréchite présentant des traces de ces déformations. Tous au contraire montrent un alignement parfait de leurs éléments constituants.

Ajoutons à cela que par l'orientation de la biotite, le granite acquiert un semblant de fluidité certaine, contournant les enclaves et tendant à les entraîner par ce mouvement dans une position parallèle à cette fluidité.

Il m'a semblé intéressant de présenter ces figures d'enclaves en toute objectivité, comme un document nouveau pour la discussion de la génèse des granites, ne voulant pas laisser entendre cependant, par les conclusions qu'elles entraînent sur la nature magmatique et l'état au moins pâteux de ce granite lors de sa mise en place, que tous puissent avoir une semblable genèse.

PÉTROGRAPHIE SÉDIMENTAIRE. — *Sur le prélèvement mécanique de l'échantillon moyen d'un sable.* Note de M. **Léopold** et Mme **Catherine Berthois**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Les auteurs décrivent un appareil réalisant mécaniquement le prélèvement d'une portion d'un sable recueilli, en lui conservant les caractéristiques de l'ensemble sableux.

L'exactitude d'une analyse granulométrique dépend essentiellement de l'aptitude d'une fraction de l'échantillon récolté à représenter la granulométrie de l'ensemble sableux. On prélève généralement le quart d'un échantillon voisin de 500^g.

Le mode de prélèvement de cette portion représentative de l'échantillon recueilli a une répercussion considérable sur la répartition granulométrique. L'importance des écarts observés dans l'application des méthodes habituelles nous a conduits à étudier la construction d'un appareil effectuant mécaniquement cette division avec une précision convenable.

L'appareil se compose, du haut en bas :

1° d'un mélangeur cylindrique en métal (diamètre 150^{mm}, hauteur 300^{mm}) renfermant 12 nappes de tiges de fer rond de $1^{mm},5$ de diamètre et espacées de 15^{mm}. Ces nappes sont distantes de 20^{mm} et diversement orientées pour constituer un système de chicanes sur lequel se heurtent les grains, se répartissant alors suivant une loi de probabilité;

2° d'un entonnoir métallique ayant 180^{mm} d'ouverture et dont le conduit de base mesure 25^{mm} de diamètre;

3° d'un cône métallique supportant quatre ailettes ajustées à angle droit. Dans les intervalles compris entre les ailettes, quatre goulottes déversent le sable dans quatre cristallisoirs. Ce dispositif est monté sur un pied à embase

circulaire. Un cercle métallique fixé au support de l'appareil entoure l'embase et est muni de trois vis de réglage disposées suivant les médianes d'un triangle équilatéral. Le cône à ailettes peut être ainsi rigoureusement réglé dans l'axe du conduit de l'entonnoir.

Le sable est versé lentement dans le cylindre mélangeur. Il tombe dans l'entonnoir, est déversé sur le cône à ailettes et réparti dans les quatre cristallisoirs par les goulottes.

Nos expériences comparatives ont porté sur un sédiment très hétérogène (n° 12), puis sur un sable moyennement hétérogène (n° 13) et enfin sur un sable fin homogène (n° 7). Les analyses granulométriques ont été effectuées avec la même colonne de tamis dont les dimensions de mailles varient suivant une progression géométrique décroissante, de raison $\sqrt{2}$ entre $2^{mm},062$ et $0^{mm},091$.

Après mélange au mortier, les 300 à 500^{g} de sable de chaque échantillon ont été divisés successivement en quatre parts par trois méthodes différentes :

1° Partage d'un tas conique (*voir* colonne 1 du tableau). Manipulations : 8 minutes.

2° Partage sur papier divisé en 8 ou 16 cases égales par prélèvement des fractions à réunir, alternativement au centre et à la périphérie (*voir* colonne 2 du tableau). Manipulations : 16 à 30 minutes suivant le nombre de cases.

3° Partage mécanique par l'appareil précédemment décrit (*voir* colonne 3 du tableau). Manipulations : 1 minute.

Nous avons comparé entre eux les résultats de tamisage des quatre parts obtenues par chaque méthode et calculé les erreurs moyennes quadratiques de chacun des résultats obtenus. Nous en avons déduit les pourcentages relatifs à chacun d'eux.

Pourcentages des erreurs moyennes quadratiques rapportées aux poids des résidus.

	Échantillon n° 7.				Échantillon n° 13.				Échantillon n° 12.			
a.	*b.*	1.	2.	3.	*b.*	1.	2.	3.	*b.*	1.	2.	3.
2,062	0,2	–	–	–	11,1	28,5	8,0	12,1	24,5	32,3	5,2	6,4
1,458	1,1	37,0	20,0	4,5	13,9	18,3	2,8	6,0	14,1	7,4	7,0	5,7
1,031	1,6	40,0	11,8	8,7	6,4	17,0	8,3	2,7	6,7	32,7	23,3	4,0
0,729	26,4	33,8	8,8	4,2	23,2	8,8	5,0	2,9	19,4	11,8	4,1	4,2
0,515	24,6	32,6	2,5	5,7	11,2	5,7	2,7	3,3	7,8	37,0	7,4	6,5
0,365	31,4	11,4	4,4	2,3	15,2	11,9	1,8	3,0	10,2	11,7	2,8	5,9
0,258	10,5	31,7	19,4	11,0	9,8	31,2	24,7	9,0	6,7	9,2	6,8	5,5
0,182	4,0	35,2	63,7	11,5	8,8	29,4	32,2	7,0	8,5	22,5	2,3	5,0
0,129	0,2	–	–	–	0,4	60,0	104,2	0	2,1	9,0	15,0	16,4
	100,0				100,0				100,0			

Colonne *a* : Dimensions des mailles des tamis en millimètres.
Colonne *b* : Pourcentages en poids des résidus sur chaque tamis.

La séparation mécanique par notre appareil, beaucoup plus rapide que celle des méthodes usuelles, altère moins la répartition granulométrique. L'erreur moyenne quadratique dépasse rarement 10 % même pour des résidus de quelques grammes. Elle est donc négligeable dans la représentation graphique des résultats en ordonnées suivant une échelle de probabilité.

Les méthodes habituelles de prélèvement occasionnent toutes des pourcentages d'erreur considérables sur la fraction fine du sédiment et, par conséquent, sur le dosage quantitatif des minéraux lourds. Notre appareil réduit considérablement cette erreur.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la culture* in vitro *de tissu cambial de Châtaignier* (Castanea vesca *Gærtn*). Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Raoul Combes.

Les repiquages successifs du tissu cambial de Châtaignier sur un milieu contenant de l'acide indol-β-acétique et des vitamines permettent de penser que ce tissu peut être cultivé indéfiniment sur ce milieu. La suppression de l'hétéro-auxine au cinquième repiquage a mis en évidence un phénomène de sensibilisation comparable à ceux déjà observés par d'autres auteurs chez d'autres végétaux.

Dans une Note antérieure ([1]) j'ai indiqué qu'il était possible de cultiver *in vitro* le tissu cambial de Châtaignier à condition d'éliminer ou de neutraliser les tannins libérés par la déchirure des cellules lors du prélèvement des explantats. J'ai poursuivi, au cours des trois dernières années, des expériences sur le tissu cambial de cette essence, les prélèvements étant effectués soit pendant la période mai-juillet par la méthode de R.-J. Gautheret, soit pendant la période où l'activité du tissu cambial est ralentie ou suspendue (août à avril) par la méthode de Gioelli.

Pour la neutralisation des tanins, j'ai utilisé soit le passage pendant 2 ou 3 jours sur un milieu contenant 0,4 % de caféine; soit le passage sur une solution d'eau de chaux, qui précipite les tanins et a d'ailleurs été proposée pour le dosage de ces substances (méthode de Cavarra) ([2]).

Dans tous les cas, et quelle que soit la saison du prélèvement, le tissu cambial (et, dans une plus faible mesure, le tissu libérien) prolifère activement sur un milieu contenant du glucose à 2 % et des sels minéraux (solution de Knop diluée de moitié) en l'absence de toute substance de croissance.

([1]) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 434-436.

([2]) *Beitrag zum Studium der Gerbstoffe Zeitsch. Wiss. Mikrosk.*, 25, p. 13 et *Chem. Zentral bl.*, 1, 1908, p. 1648.

Repiquages. — Le tissu néoformé provenant de prélèvements effectués le 10 février 1949 sur un châtaignier âgé de 100 ans a été repiqué sur le milieu gélosé suivant : Solution de Knop sans fer diluée de moitié, additionnée de 10 gouttes par litre de solution de Berthelot modifiée, et contenant : glucose 2 %, chlorhydrate de cystéine 10^{-5}, aneurine 10^{-6}, pantothénate de calcium $5 . 10^{-7}$, biotine 10^{-7}, acide indol-β-acétique 10^{-8}.

Pour certaines séries de cultures le milieu précédent a été additionné d'autres vitamines (lactoflavine, adermine, acide nicotinique) séparément ou simultanément, ou d'inositol à la concentration $5 . 10^{-5}$.

Lors du repiquage, il faut mettre au contact du milieu la surface externe non entamée des fragments du tissu repiqué et non les surfaces de section, afin d'éviter la diffusion des tanins, qui inhibe la croissance et peut même entraîner la nécrose des cultures.

Résultats. — Toutes les cultures ont proliféré et ont jusqu'à ce jour subi 7 repiquages successifs. Le premier milieu, qui avait permis à R.-J. Gautheret la culture indéfinie du tissu de *Salix caprea,* semble pouvoir aussi permettre celle de *Castanea vesca.* Les tissus obtenus sont d'un vert jaunâtre pâle, très mamelonnés. Les surfaces des sections ne prolifèrent pas mais la prolifération est très active au contact du milieu. Les cultures s'enfoncent dans le milieu en soulevant le fragment initial. L'étude anatomique montre la présence de nombreux îlots cribro-vasculaires ou d'éléments rectilignes de zones cribro-vasculaires, L'addition des vitamines B_2, B_6 ou PP n'a pas eu d'effet sensible. Par contre, déjà à la concentration $5 . 10^{-5}$, l'*inositol* donne des cultures très vigoureuses et exemptes de zones nécrosées même après 40 ou 50 jours. Dans les repiquages suivants certaines séries ont été cultivées sur des milieux contenant jusqu'à 10^{-3} d'inositol et ces premières constatations ont été pleinement confirmées.

Sensibilisation. — Lors du 5ᵉ repiquage une série de cultures a été repiquée sur un milieu ne différant du premier que par l'absence d'hétéro-auxine et l'addition d'inositol à la concentration 10^{-3}. Ces cultures ont proliféré avec une vigueur particulière et cette propriété persiste après deux nouveaux repiquages. Les tissus ne présentent pas les caractères des *tissus accoutumés* observés par Camus et Gautheret. Ils restent opaques, consistants, riches en zones cribro-vasculaires. Leur aspect général est identique à celui des premières cultures. Ce phénomène semble tout à fait comparable à ceux observés par P. Nobécourt sur les tissus de Rosier privés d'acide indol-β-acétique et par G. Morel sur les tissus de Vigne (tissus sensibilisés).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le fructose des fructosanes et des glucofructosanes.* Note de M[me] **Andrée de Grandchamp-Chaudun**, présentée par M. Maurice Javillier.

De l'action des alcalis sur les sucres en cours de mutarotation, on déduit que le fructose libéré dans l'hydrolyse des fructosanes et des glucofructosanes est le fructose β à *faible* pouvoir rotatoire algébrique, — 133°5.

On sait que les oses, le *d*-glucose et le *d*-fructose en particulier, existent sous deux formes isomères, α et β, qui, en solution, évoluent aussitôt l'une vers l'autre pour donner un mélange équilibré $\alpha \rightleftharpoons \beta$ de pouvoir rotatoire stable dans des conditions déterminées de température, de solvant, etc. Dans l'eau, à la température de 15 à 18°, la mutarotation du glucose dure près de 3 heures, celle du fructose étant achevée en moins d'une heure; l'une et l'autre sont instantanées à chaud ou en présence d'une trace d'alcali.

Si donc on effectue l'hydrolyse d'une molécule complexe, à froid, à l'aide d'une liqueur diastasique suffisamment active pour que la vitesse d'hydrolyse soit supérieure à la vitesse de mutarotation, l'addition d'une goutte de soude concentrée à la solution en cours d'hydrolyse doit permettre de dire, d'après le sens de rotation du plan de polarisation de la lumière, à quelle forme, α ou β, se rattache l'ose libéré. La difficulté réside dans la complexité du phénomène, puisque, dans la plupart des cas, la molécule considérée ne livre pas à l'hydrolyse un ose unique.

Jusqu'à présent, la question de la forme, α ou β, du fructose libéré lors de l'hydrolyse des fructosanes et des glucofructosanes n'a pas été élucidée. Il m'a paru intéressant d'aborder ce problème en utilisant la méthode mise au point pour le glucose. Le cas le plus simple est celui des fructosanes proprement dites qui livrent, à l'hydrolyse, du fructose exclusivement. Je me suis adressée à la phléine, qui se laisse aisément scinder en ses molécules de fructose sous l'action de l'*invertase concentrate*.

Une fraction A de la solution étant maintenue dans le tube polarimétrique, le reste B est distribué en flacons de 20^{cm^3}; à chaque unité de temps, on introduit une trace d'alcali dans l'un des flacons et l'on compare les lectures ρ_A et ρ_B.

L'expérience ci-après montre que la rotation ρ_A est toujours *inférieure* algébriquement à la rotation ρ_B; c'est donc que la mutarotation du fructose libéré se fait dans le sens des *arcs croissants* et qu'il s'agit par conséquent du fructose β.

Ce premier fait établi, on peut vérifier qu'il en est de même du fructose des glucofructosanes.

Phléine : 3 %; Invertase : 2 %; $l = 3^{dm}$; $\lambda = 5890$; $t = 20°$.

Temps (heures).	ρ_A.	ρ_B.	$\rho_B - \rho_A$.
0	−3°,84	–	–
1	−4,40	−4°,30	+0°,10
2	−4,92	−4,70	+0,22
4	−5,54	−5,24	+0,30
10	−6,74	−6,26	+0,48
20	−7,92	−7,34	+0,58
80	−8,26	−8,26	0,00

Nous avons montré, H. Belval et moi [1], que le glucose de la synanthrine, comme celui des glucofructosanes de Narcisse, d'Asphodèle, de Lycoris se détache en masse au début de la réaction, le reste se scindant ensuite plus lentement en molécules de fructose; l'addition de soude aux liqueurs en voie d'hydrolyse permet donc de mettre en évidence la mutarotation du glucose dans les premières heures du phénomène, celle du fructose ensuite.

Voici, à titre d'exemple, les résultats de deux expériences.

Temps (demi-heures).	ρ_A. (°C).	ρ_B. (°C).	$\rho_B - \rho_A$. (°C).	Temps (demi-heure).	ρ_A. (°C).	ρ_B. (°C).	$\rho_B - \rho_A$. (°C).
Synanthrine, 2 %; invertase, 2 %; $l = 2^{dm}$; $\lambda = 5\,890$; $t = 14°$.							
0	− 0,70	–	–	8	− 2,73	− 2,64	+0,08
1	− 1,34	− 1,50	−0,16	10	− 2,84	− 2,72	+0,12
2	− 1,80	− 1,98	−0,18	24	− 2,96	− 2,96	0,00
6	− 2,54	− 2,50	+0,04				
Glucofructosane de Narcisse, 8 %; invertase, 1 %; $l = 3^{dm}$; $\lambda = 5890$; $t = 14°$.							
0	− 4,60	–	–	18	−12,20	−11,90	+0,30
1	− 5,36	− 5,60	−0,24	24	−14,28	−14,04	+0,24
2	− 6,10	− 6,30	−0,20	30	−14,92	−14,76	+0,16
4	− 7,36	− 7,46	−0,10	50	−15,80	−15,72	+0,08
8	− 9,28	− 9,20	+0,08	72	−16,24	−16,24	0,00
12	−10,92	−10,74	+0,18				

La rotation vers la droite du plan de polarisation de la lumière dès que la presque totalité du glucose a été détachée montre bien que le fructose des glucofructosanes étudiées est le fructose β.

---

[1] *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1753 et 2017.

CHIMIE AGRICOLE. — *Diagnostic foliaire du Blé à un âge physiologiquement déterminé.* Note de MM. **Louis Maume** et **Jacques Dulac**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'examen d'une feuille prise à un niveau déterminé, à des âges physiologiquement définis, sur des individus d'une même espèce végétale établit, nous l'avons prouvé, la cinématique des variations chimiques de cette feuille à différentes époques de la vie de la plante. Nous désirons montrer à présent qu'il est d'un intérêt au moins égal d'observer à un seul âge physiologique opportunément choisi [début floraison par exemple pour les céréales ([1])] l'état chimique de feuilles situées à des niveaux différents sur la tige. La feuille d'un rang supérieur par rapport à une autre est considérée, du point de vue qui nous occupe, comme l'exacte réplique de cette autre à un âge plus avancé. Il y a, dans cette façon d'opérer, si le choix de la période physiologique est judicieux, un moyen de porter un jugement pertinent, après un seul échantillonnage, sur les possibilités du milieu en tant que réservoir de produits nutritifs utilisables.

Les graphiques ci-après, relatifs au Vilmorin 27 cultivé sous le contrôle technique de la Station d'amélioration des plantes de Versailles dans sept champs d'expériences, permettent de formuler les remarques suivantes :

1° En ce qui concerne N et P_2O_5, la matière sèche accuse une diminution régulière lorsqu'on passe d'une feuille à celle d'un rang inférieur.

1° Pour K_2O, la tendance précédente n'est confirmée qu'à partir de la deuxième feuille sous l'épi. Il semble en effet que la première n'ait pas encore fait son plein et qu'elle soit en mesure de s'enrichir encore en cet élément malgré les demandes du végétal pour satisfaire son économie générale. Toutefois, lorsque la dose de K_2O emmagasinée dans les autres feuilles se trouve nettement inférieure à celle des blés bien nourris, la présente feuille est sollicitée comme les autres de fournir sa part contributive.

3° Les observations précédentes du Vilmorin 27 ainsi que celles faites sur d'autres variétés laissent prévoir d'une manière presque générale qu'une richesse élevée en N, P_2O_5, K_2O des feuilles de blé à la floraison est l'indice d'une bonne alimentation, conduisant, si aucun accident ne survient en fin de végétation, à des rendements élevés (les deuxième et troisième feuilles sous l'épi seront particulièrement retenues) ([2]).

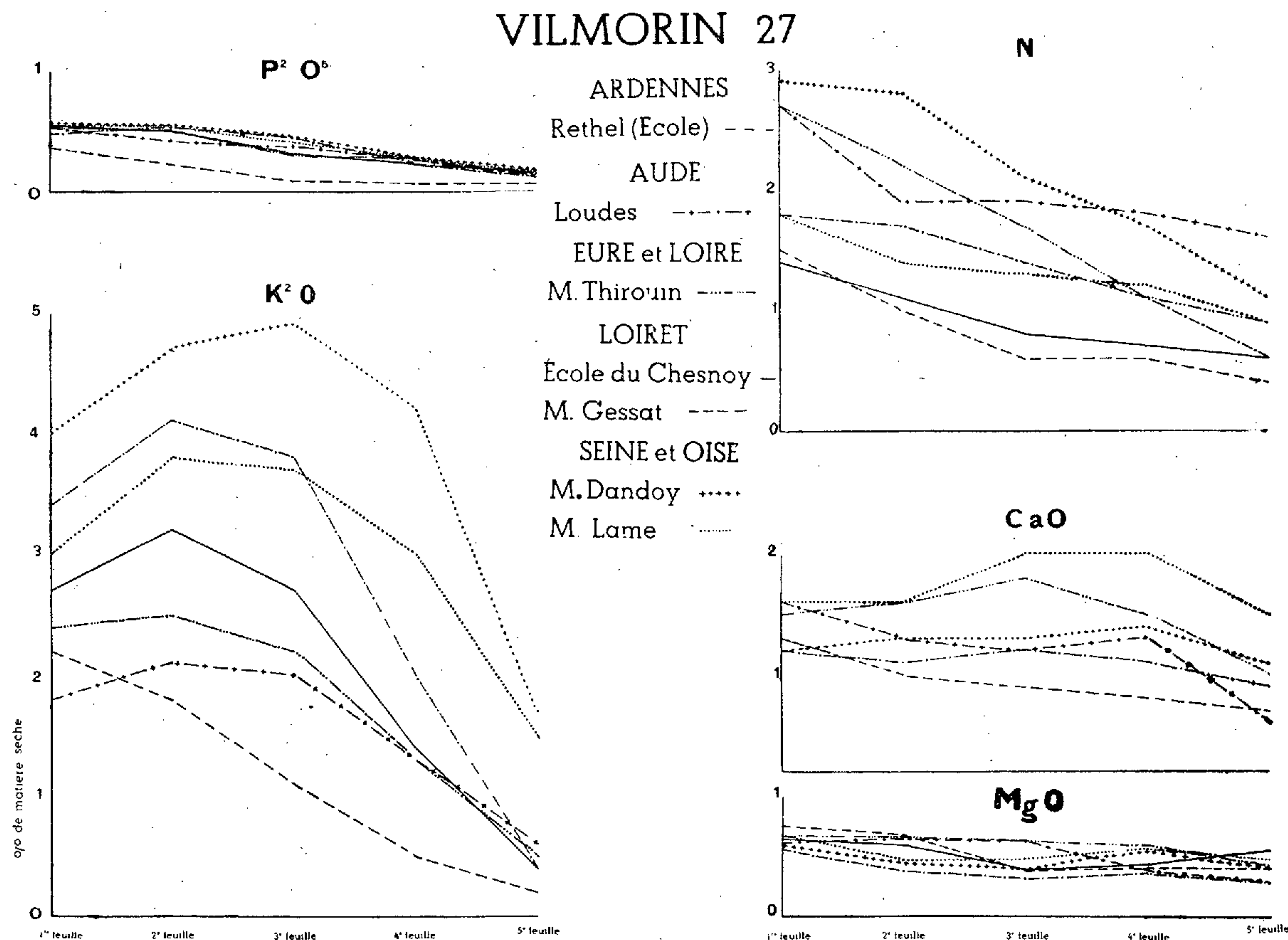
4° Pour CaO et MgO, contrairement à N, P_2O_5, K_2O, leur proportion dans la feuille ne subit pas de grandes variations lorsqu'on passe de la première à la

---

([1]) Maume et Dulac, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 875-877.

([2]) La carence en oligo-éléments pourrait très probablement donner une explication aux quelques rares cas échappant à cette règle.

cinquième, réserve faite toutefois, comme nous le verrons dans une Note ultérieure, en sol calcaire où, à l'exemple de ce qui se passe pour la Vigne, la chaux s'accumule dans les feuilles âgées. Il restera à préciser, comme nous l'avons fait pour d'autres plantes, l'importance d'ordre pratique de cette constatation.



En conclusion, le Blé, comme nous l'avons prouvé pour la Pomme de terre, la Vigne, le Tabac, subit, dans le milieu de sa culture normale, des contraintes extérieures auxquelles il subordonne son chimisme. Le test foliaire peut déterminer l'ampleur de ces contraintes, et il en découle des conséquences agronomiques d'un grand intérêt.

PHYTOPHARMACIE. — *Sur la comparaison du pouvoir ovicide des dinitrocrésylates de sodium et de calcium.* Note de M. **Guy Viel** et Mlle **Madeleine Chancogne**, présentée par M. Albert Demolon.

Les dinitrophénols utilisés pour le traitement d'hiver des arbres fruitiers agissent principalement en détruisant les œufs d'insectes. Ils sont appliqués en

général à l'état de sels alcalins, le composé le plus souvent employé étant le dinitrocrésylate de sodium.

J. Pastac (1) cite les sels alcalino-terreux, mais la lecture de son exposé ne permet pas de savoir s'il les différencie des sels alcalins au point de vue de leur activité ovicide.

Nous nous sommes donc proposé de comparer les efficacités des dinitrocrésylates de sodium et de calcium.

Nous avions précédemment observé (2), après d'autres auteurs, une diminution du pouvoir ovicide des dinitrocrésylates alcalins dans les milieux de pH supérieur à 7. Aussi, avons-nous utilisé des solutions de 2.4-dinitro-orthocrésylate de sodium de pH 6,0 environ, d'efficacité maximum, et des solutions de dinitrocrésylate de calcium préparées en ajoutant au dinitrocrésol la quantité théoriquement nécessaire de carbonate de chaux; leur pH était également de 6,0 environ.

Notre étude a porté sur des œufs de Cheimatobie (*Operophthera brumata* L.). Les lots d'essai étaient constitués à partir d'un ensemble de trente mille œufs récoltés en novembre 1949.

Les traitements ont été faits par trempage, selon une méthode dérivée de celle de Mlle G. Dierick (3). Nous avons opéré à différentes concentrations et déterminé pour chacune la mortalité.

Une double transformation mathématique des données expérimentales permet de tracer des droites caractéristiques et d'en déduire les concentrations léthales médianes en phénol.

Nous résumons les résultats dans le tableau suivant. Les efficacités indiquées ont été obtenues en corrigeant les mortalités des lots traités d'après la mortalité naturelle. Chaque valeur est la moyenne de trois expériences.

Efficacités sur œufs de Cheimatobie.

	Concentrations en dinitrocrésol (%).				
Produits.	0,027.	0,055.	0,11.	0,22.	0,44.
Dinitrocrésylate de sodium...........	0	5	32	72	98
Dinitrocrésylate de calcium...........	16	38	75	90	–

Dose léthale médiane du dinitrocrésylate de sodium : 0,15 %.
Dose léthale médiane du dinitrocrésylate de calcium : 0,074 %.
Des résultats analogues ont été obtenus sur des œufs d'*Ephestia kühniella* Zeil.

(1) *Chimie et Industrie*, 38, n° 4, 1937, p. 121-131.
(2) M. Raucourt, M. Chancogne et G. Viel, *Journées de chimie industrielle*, Charleroi 1948.
(3) *Thèse de Doctorat ès sciences*, 117 pages, Amsterdam, 1942.

Nos expériences mettent donc en évidence le fait que le pouvoir ovicide des sels de calcium du dinitrocrésol est environ deux fois plus élevé que celui des sels de sodium. Une aussi grande différence n'a pas été retrouvée dans le cas des sels de baryum.

PHYSIOLOGIE. — *Relations entre les muscles moteurs oculaires, les nageoires et l'équilibre des Poissons*. Note (*) de M. **Jean Baron**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Après section asymétrique des nageoires chez les Poissons, associée à une énucléation bilatérale, on obtient des troubles de l'équilibre. Il semble qu'il existe un antagonisme compensateur entre les mouvements des nageoires et ceux des globes oculaires d'où résulterait l'équilibre.

Au cours d'une précédente Note ([1]) j'ai montré qu'il existe des rapports entre l'équilibre, la musculature extrinsèque du globe oculaire et les voies optiques. De nouvelles expériences m'amènent à préciser les rapports, non signalés jusqu'ici, existant entre ces derniers facteurs, les nageoires et les mouvements des Poissons.

Les expériences ont été faites au laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer, et elles ont porté sur 52 individus comprenant : 12 Muges (*Mugil auratus* Risso), 5 Sargues (*Diplodus sargus* L.), 20 Chromis (*Chromis castanea* Cuv.), 15 Serrans (*Serranus cabrilla* L.).

Dans un premier temps, pour renforcer l'action d'un groupe de muscles produisant l'extension ou la flexion des nageoires, j'ai coupé asymétriquement les nageoires pectorales, ventrales, caudales, dorsales et anales, de manière à réaliser des triangles égaux opposés par le sommet pour les pectorales et les ventrales, et des triangles proportionnels entre eux pour la dorsale et la portion inférieure de la caudale, de même pour l'anale et la portion supérieure de la caudale.

J'ai partagé mon groupe d'animaux en trois lots :

A. Le premier lot était constitué par des animaux préparés comme je viens de l'indiquer : ce fut le lot témoin.

B. Sur le deuxième lot, j'ai fait des énucléations bilatérales, c'est-à-dire ablation du globe oculaire avec désinsertion de la portion antérieure des muscles moteurs oculaires sur la sclérotique.

C. Sur le troisième lot, j'ai pratiqué des éviscérations bilatérales, c'est-à-dire l'ablation du segment antérieur du globe et de la rétine en laissant intactes les insertions des muscles moteurs oculaires sur la sclérotique.

Dans ces trois groupes d'expériences, j'ai obtenu deux résultats, l'un statique, l'autre dynamique.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 2231-2233.

Dans le premier lot, le résultat statique se caractérisait par plusieurs phénomènes compensateurs :

a. un battement des nageoires plus marqué d'un côté que de l'autre;

b. une légère rotation ellipsoïdale du corps autour de l'axe antéro-postérieur, sans trouble de l'équilibre;

c. un déplacement symétrique des globes oculaires s'opposant à la déviation de l'axe antéro-postérieur, et se traduisant par une exophtalmie maxima du côté où les nageoires battent le plus faiblement.

Le résultat dynamique, déclenché par des excitations mécaniques ou spontanées, montrait des troubles de deux ordres caractérisés par :

a. des mouvements sinusoïdaux autour de l'axe antéro-postérieur (roulis et tangage);

b. des mouvements circulaires dans le plan horizontal.

La durée de ces phénomènes semble indéfinie.

J'ai obtenu dans le second lot de poissons énucléés :

a. des résultats statiques caractérisés non plus par des phénomènes compensateurs, mais par une rotation de 180° du poisson autour de son axe antéro-postérieur. Le poisson reposait entre deux eaux, le ventre en l'air;

b. des résultats dynamiques provoqués ou spontanés, caractérisés par : 1° des mouvements de toupie, c'est-à-dire déplacement du poisson autour de son axe antéro-postérieur devenu vertical, soit la tête en haut ou en bas;

2° des mouvements de nage sur le dos à différents niveaux, c'est-à-dire que le poisson se déplaçait normalement dans tous les plans, mais le ventre en l'air.

Les poissons du troisième lot présentaient des réactions analogues à ceux du premier lot.

Des expériences qui précèdent, il résulte qu'il existe :

1° un antagonisme compensateur entre les mouvements des muscles moteurs oculaires et les mouvements des nageoires qui assuraient l'équilbre;

2° une synergie entre les abducteurs et les adducteurs des deux globes et les nageoires du côté des abducteurs;

3° un antagonisme entre les droits abducteurs et adducteurs des deux globes et les nageoires du côté des adducteurs.

PHYSIOLOGIE. — *Appareil de mesure de l'effort statique pulmonaire.*

Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, transmise par M. Léon Binet.

Cet appareil permet, par de simples mesures de temps et de volumes, d'évaluer l'effort statique pulmonaire E que nous définissons comme le produit, par le temps t, de la pression moyenne p_m qu'exerce un sujet au cours

(*) Séance du 30 octobre 1950.

d'une épreuve, où il est contraint de produire un effort d'expiration sans pouvoir rejeter l'air contenu dans ses poumons.

$$E = p_m t.$$

Au cours d'une telle épreuve on sait ([1]) que le sujet ne peut maintenir une pression rigoureusement constante et que la courbe C qui représente les variations de cette pression en fonction du temps, affecte une allure irrégulière (*fig.* 1).

Le produit E de la pression moyenne p_m par le temps t est égal à la surface S comprise entre la courbe C et l'axe des temps, c'est-à-dire à $\int_0^t p\,dt$.

L'évaluation directe de cette aire fournit donc la valeur de l'effort statique pulmonaire, facteur physiologique d'un intérêt certain.

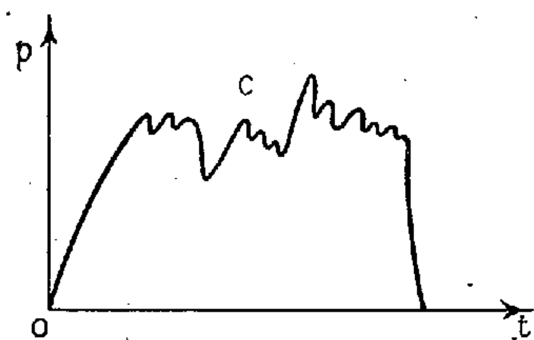


Fig. 1.

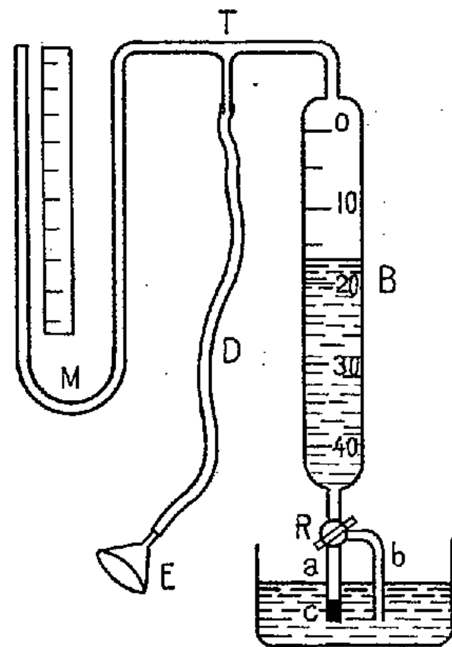


Fig. 2.

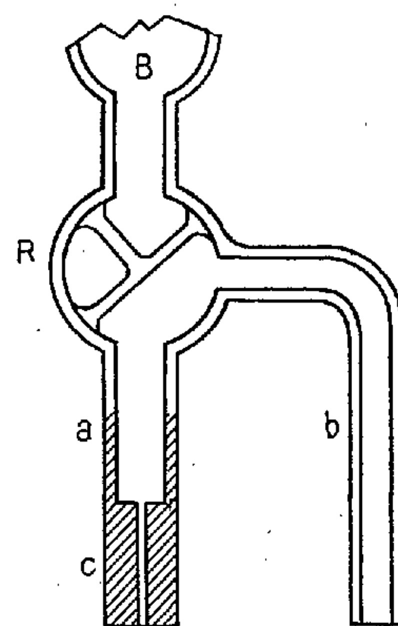


Fig. 3.

Pour étudier l'effort statique pulmonaire E, c'est-à-dire pour évaluer la surface S que nous venons de définir, nous avons dû enregistrer la courbe pression-temps.

A cet effet nous avons construit un appareil, décrit dans un travail antérieur ([1]), qui en permettait l'enregistrement photographique. Mais cet appareil nécessitant l'emploi d'une chambre noire, des manipulations et des mises au point assez longues, l'évaluation de l'intégrale $\int_0^t p\,dt$ par pesées ne pouvait, en dépit de sa précision, qu'être un instrument de recherches dont l'usage, relativement compliqué, en restreignait l'emploi en clinique.

Pour remédier à cet inconvénient nous avons construit l'appareil suivant (*fig.* 2).

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 482.

Un tube D est relié, par l'intermédiaire d'un tube T, d'une part à un manomètre à mercure, d'autre part à une burette graduée B dont l'extrémité inférieure est constituée par un tube capillaire C.

En manœuvrant un robinet R à trois directions (*fig.* 3) on peut établir ou fermer la communication entre la burette B et les deux branches *a* et *b* de l'appareil. La dérivation *b* permet, par une simple aspiration en E, l'ascension rapide dans la burette B, du liquide coloré contenu dans le récipient F.

Lorsqu'il souffle à l'extrémité libre E du tube flexible D, le sujet peut suivre sur le manomètre la pression approximative qu'il exerce.

Pendant l'épreuve, sous l'effet de la pression, un certain volume de liquide contenu dans la burette s'écoule par un tube capillaire. Pour une pression et une température données, ce volume est à chaque instant proportionnel à la pression exercée par le sujet et au temps (Loi de Poiseuille). Par conséquent, à une constante près, facile à déterminer, la quantité de liquide évacuée est égale à $\int_0^t p\,dt$, c'est-à-dire au produit de la pression moyenne exercée, par la durée de l'épreuve, donc à *l'effort statique pulmonaire*.

Le volume du liquide expulsé de la burette est égal au volume d'air expiré par le sujet. Ce volume doit être négligeable devant la capacité pulmonaire sinon l'étude de l'effort est faussée. Un choix convenable du diamètre et de la longueur du tube capillaire permet de réaliser cette condition facilement.

Pour vérifier la concordance des résultats donnés par l'appareil à enregistrement photographique et par l'appareil à orifice capillaire, nous avons branché le manomètre du premier sur une dérivation du second. Les deux courbes obtenues dans cinq expériences coïncident exactement.

PHYSIOLOGIE DES INSECTES. — *Variation de l'effet toxique de produits insecticides en fonction du stade larvaire des Insectes.* Note de MM. **Pierre Grison** et **Guy Viel**, présentée par M. Emile Roubaud.

Certains stades larvaires sont plus sensibles que d'autres à l'action des insecticides synthétiques (H. C. H.) s'exerçant par contact; la sensibilité paraît diminuer au cours du développement.

L'effet toxique d'une substance chimique à l'égard des Insectes peut être évalué par la détermination de la dose léthale médiane (D. L. 50), ou simplement par celle du taux de mortalité en fonction de la quantité de produit susceptible d'agir sur l'Insecte, par contact ou par ingestion, en un certain délai.

Le taux de mortalité, et, par conséquent, l'effet toxique de la substance ou efficacité insecticide de celle-ci, varient en fonction de nombreux facteurs autres que l'espèce animale ou que la nature chimique de la préparation. Parmi ces facteurs, le stade évolutif de l'Insecte a une importance beaucoup plus grande qu'on ne le suppose couramment.

A notre connaissance, Campbell ([1]) est l'un des rares auteurs qui aient établi, sur le Ver à soie, une relation entre la vitesse d'action toxique d'un insecticide d'ingestion (l'arséniate de plomb) et la dose de matière active ingérée selon les stades larvaires : pour une quantité égale d'arsenic ingéré à l'unité de poids de matière vivante, l'action toxique du produit est approximativement quatre à cinq fois plus rapide sur les chenilles du second stade que sur celles du cinquième stade.

Un phénomène comparable, mais de moindre amplitude, a été constaté chez un Coléoptère, le Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* Say) par Raucourt, Trouvelot et Bègue ([2]).

Nous avons été amenés, au cours de nos recherches toxicologiques, à constater des différences comparables par action de contact; en raison de l'intérêt pratique présenté par ce phénomène, il nous a paru utile d'en poursuivre l'étude et de rapporter dès maintenant quelques-unes de nos observations.

Nous considérerons deux cas se rapportant à des applications d'hexachlorocyclohexane (H. C. H.) par poudrage; celui-ci est effectué à l'aide d'un système permettant d'obtenir des dépôts homogènes et d'intensité exactement connue.

Dans un premier cas, les applications sont faites sur chenilles de *Malacosoma neustria* (Lép. Lasiocampides) aux stades suivants : premier âge (un jour après l'éclosion), troisième âge (un jour après la deuxième mue) et sixième âge (six jours après la cinquième mue). On utilise un produit à 2 % de H. C. H. technique (ou environ à 0,1 % de gamma H. C. H.). Avec des doses de poudre représentant un dépôt inférieur à $0^{mmg},020$ du produit par centimètre carré, la totalité des larves nouvellement écloses mourait entre les deuxième et quatrième jours, tandis qu'aucune chenille plus âgée n'était intoxiquée. En répétant quotidiennement le poudrage sur l'aliment frais, à des doses représentant environ 0,035 - 0,040 mmg/cm^2 et 0,100 - 0,110 mmg/cm^2 de produit, une très faible mortalité est constatée avec la dose la plus élevée chez les chenilles du sixième âge, tandis qu'après quatre jours, les chenilles du troisième âge présentaient une mortalité de 55 %, avec la dose moyenne et de 80 %, avec la dose élevée.

Il résulte de ce cas que les très jeunes larves sont relativement beaucoup plus sensibles à l'action de l'hexachlorocyclohexane que les larves âgées, si l'on rapporte les taux de mortalité à des quantités de poudre, à l'unité de surface, proportionnellement comparables. Ce fait est particulièrement évident chez

---

([1]) *J. gen. Physiol.*, 9, 1926, p. 727-733.

([2]) *Ann. Epiphyties et Phytog.*, 5, 1939, p. 51.

les chenilles en prénymphose de diverses espèces de Lépidoptères qui résistent à l'action toxique de l'hexachlorocyclohexane ([3]) et ([4]).

Dans un autre cas, les applications sont faites selon la même méthode, avec une poudre à 4 % d'H.C.H. technique (0,17 % de γ H.C.H.), sur les larves de Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata* SAY) (Col. Chrysomelides) de 2e, 3e et 4e stades, dont les poids moyens individuels sont respectivement de 5 à 6mg, 28 à 32mg et 44 à 47mg, dans différents lots de 20 larves.

Pour des dépôts de poudre de 0,060 à 0,070 mg/cm², la mortalité varie de 68 à 85 % chez les larves du 2e âge, 15 à 20 % chez celles du 3e âge et 5 à 20 % chez celles du 4e âge. Pour les dépôts de 0,100 à 0,110 mg/cm² de poudre, la mortalité varie de 86 à 100 % chez les jeunes larves et, respectivement, de 45 à 60 % et de 35 à 50 % chez les deux autres stades.

Dans ce cas aussi, il semble bien que les individus très jeunes soient plus sensibles que les individus des stades évolutifs avancés, bien que l'amplitude des écarts de sensibilité paraisse être beaucoup moins grande que dans le cas des larves d'un Lépidoptère.

Les relations sont plus difficiles à établir et à interpréter avec un insecticide de contact qu'avec un insecticide d'ingestion. Nous avons adopté le rapport de la quantité de poudre déposée, à la surface du corps de l'insecte qui l'a reçue. D'autres phénomènes interfèrent, comme la possibilité d'action par voie gazeuse de l'hexachlorocyclohexane ([5]), mais les chiffres recueillis montrent bien que pour un stade évolutif défini le taux de mortalité est proportionnel à la dose de produit toxique; tandis que pour une dose donnée, la sensibilité de l'Insecte à l'action toxique diminue plus ou moins considérablement selon les espèces et progressivement, au cours du développement larvaire.

EMBRYOGÉNIE EXPÉRIMENTALE. — *Inversion du sexe et effet paradoxal (féminisation) chez l'Urodèle* Pleurodeles Waltlii *Michah, traité par le propionate de testostérone.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Des têtards de *Pleurodeles Waltlii* Michah, traités pendant leur vie larvaire par une solution hydroalcoolique de propionate de testostérone, à la concentration de 600 γ/l d'eau, subissent d'abord une inhibition profonde de leur gonade embryonnaire. Élevés après la métamorphose, le traitement ayant cessé, la gonade évolue en un ovaire typique, mais très lentement après plusieurs mois. A deux ans les animaux ont des ovaires typiques. Le canal de Müller est absent, à l'exception d'un très court segment ostial.

L'étude de l'action de l'hormone mâle dans la différenciation du sexe chez

([3]) P. Grison et G. Viel, *VIIIe Cong. Int. Ent. Stockholm*, 1948.
([4]) P. Grison et G. Viel, *Rev. Path. veg. et Ent. Agr.*, 28, 1949, p. 98.
([5]) M. Raucourt et G. Viel, *C. R. Acad. Agr. Fr.*, 31, 1945, p. 558.

les Amphibiens Urodèles, a révélé un fait assez inattendu. Foote (1941) [1], a en effet constaté que cette hormone manifestait une action féminisante chez *Ambystoma opacum*. Dans le cadre des expériences que nous avons entreprises sur la différenciation sexuelle des Amphibiens, nous avons été amené à étudier, à notre tour, l'action du propionate de testostérone chez le Triton, *Pleurodeles Waltlii* Michah.

Les recherches, poursuivies parallèlement à l'étude de l'action du benzoate d'œstradiol, sur les trois mêmes pontes, ont été menées en 1948-1949-1950. Les têtards ont subi, pendant leur vie larvaire, l'action de solutions hydro-alcooliques de propionate de testostérone purissime, calculées de manière à réaliser une concentration de 600 γ/l d'eau dans laquelle vivent les animaux. La densité des élevages a été de quatre têtards pour 1^l d'eau. L'eau des bacs et la solution d'hormone sont renouvelées tous les trois jours, pendant la durée des expériences et jusqu'à la métamorphose, laquelle s'effectue au bout de 2 à 3 mois. A ce moment, le traitement est arrêté et les animaux sont élevés normalement. Le début du traitement a, pour les deux premières séries, commencé respectivement le 10e jour et le 16e jour après la ponte et, pour la troisième série, le 40e jour seulement. Cette dernière modification a été introduite pour limiter la mortalité, qui, s'étant révélée considérable lors des traitements très précoces, risquait de fausser les conclusions. Dans cette troisième série, le développement s'est effectué de + 16° à + 18° avant le début du traitement. Pour les trois séries, l'expérience a été conduite à 24° pendant le traitement. Nous résumons ci-dessous les principales données numériques dont le détail sera exposé ultérieurement.

Expériences.	Nombre initial d'animaux en expérience.	Mortalité.	Animaux sacrifiés à la métamorphose.	Animaux sacrifiés entre 7 et 24 mois.
A_{48}	32	11	8	13
B_{48}	60	22	5	33
A_{49}	40	9	11	20
TOTAUX	132	42	24	66

Au total 90 animaux ont pu être étudiés.

Les résultats essentiels sont les suivants. A la métamorphose, les gonades sont profondément inhibées; on observe, dans les cas les plus favorables, seulement un cordon blanchâtre, très mince, dont le sexe est indiscernable. Parfois on a l'impression d'une destruction totale de la glande. L'inhibition de la gonade dure longtemps encore; à 10 mois, dans plusieurs cas, les glandes ou l'une des deux glandes sont toujours vestigiales. Les autopsies effectuées plus tard, à partir de 11 mois et exceptionnellement à 7 mois, révèlent que ces

(1) *J. Exp. Zool.*, 86, 1941, p. 291.

gonades subissent une évolution dans le sens femelle. A 18 mois, ces ovaires, bien que parfaitement typiques (on observe la vitellogénèse et la pigmentation noire des œufs), sont encore nettement retardés par rapport aux témoins. Enfin, à deux ans, les animaux ont des ovaires normaux à la fois par leur structure et leur volume.

Sur les 66 animaux étudiés entre le 7e et le 24e mois, les 46 appartenant aux séries A_{48} et B_{48} étaient des femelles typiques; parmi les 20 de la série A_{49}, soumis à un traitement plus tardif, il y avait 16 ♀ ♀, 1 ⚥ ⚥ et 2 ♂ ♂. L'un de ces derniers possédait un testicule à gauche et une bandelette atrésiée à droite; l'autre présentait un testicule normal à droite et un petit testicule multilobé à gauche. Au total, il y avait donc 63 ♀ ♀, 1 ⚥ ⚥ et 2 ♂ ♂. L'étude des témoins donne respectivement pour chacune des trois séries : 10 ♂ ♂; 9 ♀ ♀ (A_{48}); 24 ♂ ♂ : 27 ♀ ♀ (B_{48}); 3 ♀ ♀ : 9 ♂ ♂ (A_{49}), soit pour l'ensemble : 39 ♀ ♀ : 43 ♂ ♂.

Ainsi le propionate de testostérone inhibe d'abord profondément le développement de la gonade, puis, lorsque le traitement a cessé, celle-ci évolue en un ovaire typique pour la quasi-totalité des animaux, de sorte que tous les mâles génétiques (à l'exception de deux individus), sont finalement inversés en femelles, l'inversion se révélant permanente. On assiste alors à ce résultat de type paradoxal, d'animaux mâles ou femelles génétiques, qui ayant été traités par l'hormone mâle, deviennent des femelles. Celles-ci n'avaient pas de callosité et leur canal de Müller, à l'exception d'un vestige ostial, était absent. Il en résulte qu'on ne peut obtenir d'œufs fécondables à partir de ces animaux.

Dans ce cas, le développement ovarien est réalisé par une tout autre voie que la féminisation résultant d'un traitement par le benzoate d'œstradiol. Là aussi, on obtient le développement d'ovaires chez les mâles génétiques, mais, dans ce cas, la féminisation se réalise d'emblée, il n'y a pas d'inhibition initiale et le sexe est nettement identifiable peu de temps après la métamorphose.

EMBRYOLOGIE. — *Évolution comparée des voies génitales mâles chez les Insectivores Lipotyphla.* Note (*) de M. **René Godet**, présentée par M. Pierre P.-Grassé.

Afin de comparer l'évolution des voies génitales dans les trois grandes familles des Insectivores Lipotyphla : *Erinaceidæ*, *Talpidæ*, *Soricidæ*, nous avons étudié le Hérisson (*Erinaceus europæus* L.), la Taupe (*Talpa europæa* L.) et la Crocidure (*Crocidura russula* H.).

Chez toutes ces espèces, l'appareil génital est caractérisé par un important développement des glandes annexes et par la présence d'un bulbe prostatique, qui, situé à la base du col vésical, est constitué par un diverticule aveugle de l'urètre, en position dorsale.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

On trouve dans les travaux anciens de Rauther ([1]), de Oudemans ([2]) et de Disselhorst ([3]) une étude détaillée des voies génitales et de leurs annexes chez la Taupe et le Hérisson adultes. Mais ces recherches, où la dénomination des ébauches sexuelles ne tient ni compte de leur origine, ni de leur développement, ne peut permettre aucune comparaison interspécifique. Il en est même résulté une grande confusion, notamment chez le Hérisson, où une même formation glandulaire a été interprétée successivement comme vésicules séminales, prostate interne, glandes vésiculaires, prostate I ou glande A.

Nous avons étudié l'évolution des voies génitales de nos Insectivores pendant la vie embryonnaire. Chez le Hérisson, nos résultats confirment en partie et complètent ceux de Mombaerts ([4]), tandis que nous utilisons pour la Taupe ceux que nous avons publiés dans notre Mémoire de 1949 ([5]).

Dans les trois espèces étudiées, Hérisson, Crocidure, Taupe, le diverticule de l'urètre, logé dans le bulbe prostatique, se forme par une expansion de la paroi dorsale du sinus uro-génital, juste en arrière des canaux de Wolff. Les canaux de Müller ne prennent pas part à cette formation. Il n'existe pas non plus de clivage du sinus rappelant la marche de l'histogenèse vaginale chez la femelle. Le terme d'*uterus masculinus* ou de vagin mâle appliqué à ce diverticule est impropre : c'est une formation typiquement mâle.

Chez la Taupe et la Crocidure, l'expansion de la paroi dorsale du sinus n'entraîne que de faibles déplacements des extrémités des canaux de Wolff.

Chez le Hérisson, l'expansion dorsale, étant beaucoup plus ample, entraîne dans son mouvement toutes les ébauches fixées dans cette région. Finalement, les canaux de Wolff et les glandes annexes, au lieu de déboucher dans l'urètre, déversent leurs produits dans le diverticule dorsal.

Ainsi, un même processus morphogénétique d'amplitude variable aboutit à la création du diverticule prostatique chez les trois espèces étudiées. Chez le Hérisson où les phénomènes sont plus complexes, les premiers stades de la morphogenèse se déroulent comme chez la Taupe et la Crocidure.

Les canaux de Wolff donnent naissance, dans les embryons de Hérisson, de Crocidure et de Taupe, à une formation glandulaire. Chez la Taupe, la portion glandulaire est située à l'extrémité distale des canaux déférents, dans le réservoir spermatique adhérent au *conus inguinalis* sous le testicule.

Chez la Crocidure, la portion glandulaire se forme au milieu du canal déférent.

Chez le Hérisson, l'évolution de la glande est complexe. Née chez le fœtus,

---

([1]) *Jenaische Z. f. Naturwissensch.*, 38, 1904, p. 377.

([2]) *Die accessorischen Geschlecht sdrüsen d. Säugetiere.* Haarlem, 1903.

([3]) R. Disselhorst, in Oppel, *Lehrbuch d. vergleichenden Mikrosk. Anat. d. Wirbeltiere.* Jena, 1904.

([4]) *Arch. Biol.*, 55, 1944, p. 394.

([5]) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 83, 1949, p. 27.

dans la région proximale des canaux de Wolff, elle se trouve fixée finalement chez le nouveau-né sur le diverticule de l'urètre prostatique.

Ainsi, l'étude embryologique montre que ces glandes, dont la situation et l'aspect sont très différents chez l'adulte, sont cependant parfaitement homologues. Un même terme tenant compte de leur origine doit leur être appliqué. De plus, c'est encore chez le Hérisson que l'évolution atteint la plus haute complexité.

Le sinus uro-génital donne également, chez nos trois Insectivores, des glandes annexes. Chez les fœtus, elles apparaissent en trois régions privilégiées : le col vésical, la région pelvienne et le long de l'urètre pénien. La situation de ces ébauches varie au cours de la morphogenèse génitale. Mais en tenant compte de cette évolution, il est très facile d'établir les homologies. Là encore, les déplacements les plus importants se manifestent chez le Hérisson.

En conclusion, l'étude embryologique des voies génitales et de leurs annexes, chez quelques Insectivores lipotyphla choisis parmi les trois grandes familles de ce groupe, permet d'intéressantes comparaisons. L'évolution des voies génitales est plus simple chez la Taupe et la Crocidure que chez le Hérisson. Et si nous généralisons les résultats obtenus sur ces quelques espèces à leurs familles respectives, il faut admettre que l'appareil génital est plus évolué chez les Erinaceidæ que chez les Soricidæ et les Talpidæ. Cette dernière famille serait à cet égard la plus primitive.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Action des facteurs climatiques sur l'incitation au vol du Doryphore*. Note de M. **Jean-René Le Berre**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'envol du Doryphore nécessite à la fois l'intervention d'une température favorable et d'une certaine durée d'insolation. Il semble exister un seuil thermique particulier d'envol.

Les observations effectuées au cours du mois de juin 1949, et poursuivies entre le 20 mai et le 15 août 1950, ont permis de préciser quelques-uns des facteurs qui interviennent dans l'incitation au vol du Doryphore *Leptinotarsa decemlineata* Say (Col. Chrysomelides).

Deux cas sont à considérer suivant que les insectes étudiés ont déjà hiberné (adultes printaniers) ou qu'ils vont entrer en diapause (adultes de première génération d'été qui représentent la descendance des insectes parfaits de printemps). L'apparition de ces deux types d'adultes, physiologiquement dissemblables, pendant deux périodes de caractère climatique différent, ne permet pas de réunir les résultats dans un même tableau d'ensemble. Cependant, les facteurs déterminants demeurent les mêmes. Ce sont les réponses qui peuvent varier dans le détail.

Les chiffres présentés ci-dessous portent sur 500 adultes printaniers dont l'activité a été suivie du 15 mai au 30 juin.

Une première série de résultats met en évidence le rôle de la durée journalière de l'insolation, et de la température maximum de la journée dans l'incitation au vol du Doryphore.

Température maximum de la journée (°C).	Écart des durées de l'insolation (heures).	Variations corrélatives du taux d'envol (%).
Inférieure à 20	0 à 10	0 à 2
Egale à 20	1 à 6	0 à 2,2
» 22,5	3 à 14	0 à 30
» 23,5	4 à 14	0 à 50
» 25	7 à 11	100
Comprise entre 26 et 30	4 à 12	20 à 50

Il semble ainsi que pour une température donnée, le nombre des Doryphores qui s'envolent est directement proportionnel à la durée de l'insolation. De plus, il existerait une température optimum, voisine de 25°C, où une durée d'insolation moyenne détermine cependant un envol massif des adultes.

Le deuxième tableau ci-dessous, tout en confirmant nos premières conclusions, met en relief le rôle prépondérant tenu par la durée de l'insolation journalière.

Durée de l'insolation (heures).	Températures journalières maxima (°C).	Taux d'envol (%).
5	inférieure à 22	0
	jusqu'à 26	20
De 5 à 10	inférieure à 20	0
	égale à 22	12
	» 25	100
Au-dessus de 10	égale à 21	30
	» 26	100
	» 30	50

Nous observons que les envols de Doryphores peuvent avoir lieu à des températures d'autant plus basses que la durée d'insolation est plus étendue. L'expérimentation directe nous a, par ailleurs, révélé que, en l'absence de toute insolation, aucun vol n'était noté quelles que soient les conditions de température du milieu ambiant.

Ainsi, il semble que l'incitation au vol du Doryphore tienne plus à l'action directe des radiations solaires qu'à l'action de la température ambiante.

De nombreux auteurs ont déjà signalé, à diverses reprises, des différences, parfois sensibles qui existent entre la température de l'insecte et celle de l'environnement. Des élévations de température de plusieurs degrés ont ainsi été rap-

portées à l'action de l'insolation. Nous pouvons alors rapprocher nos résultats sur le Doryphore de ces phénomènes plus généraux, et ajouter, aux différents seuils des activités de cet insecte (marche, nutrition, accouplement, ponte, etc.) un *seuil thermique spécifique* du vol. Cette notion confirme l'hypothèse émise en 1947 par E. Roubaud sur les vols de Doryphores [1] : « Leur stimulant de migration ne dépend pas des nécessités alimentaires ou reproductrices. Il paraît correspondre à un besoin de mouvement, de dépense musculaire, etc. ».

Les Doryphores adultes de première génération d'été, bien que répondant dans l'ensemble, d'une manière identique, aux actions combinées de la température et de l'insolation, présentent cependant quelques caractères particuliers.

Tandis que les insectes printaniers peuvent s'envoler sans s'être alimentés, les adultes d'été doivent, tout d'abord, se nourrir abondamment pendant les dix premiers jours environ qui suivent leur sortie de terre. On remarque alors d'importants déplacements par marche [2]. Ce n'est qu'après cette période que les envols peuvent se produire.

Mais ceux-ci n'atteignent ni l'intensité ni l'ampleur des vols qui sont observés en mai et juin, car non seulement les conditions climatiques ne sont plus les mêmes : température relativement plus élevée et radiation globale plus faible, mais encore, un fort pourcentage de ces adultes entre en diapause et s'enfouit.

En conclusion : les vols de Doryphores sont beaucoup plus importants chez les insectes de printemps que chez ceux d'été. Ce phénomène peut être expliqué par les différences physiologiques des insectes, et par des conditions climatiques assez dissemblables. L'envol semble provenir d'un *besoin impérieux* créé par des conditions d'insolation et de température bien déterminées.

Nous pensons qu'il doit exister un seuil thermique particulier à l'envol, ce que nous nous proposons d'étudier par la suite.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la masculinité à la naissance dans les grossesses multiples.* Note de MM. **Raymond Turpin** et **Marcel Paul Schützenberger**, présentée par M. Léon Binet.

Les auteurs développant des recherches personnelles antérieures confirment la décroissance du taux de masculinité à la naissance avec le degré de multiplicité de la grossesse.

En 1937, l'un de nous (R. Turpin) signalait [1] que la proportion des garçons dans les naissances gémellaires dizygotes était sensiblement plus basse que dans les naissances simples.

---

(1) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 620-622.

(2) J. Dussy et P. Grison, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 622-624.

(1) R. Turpin et M. A. Caratzali, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 159-171.

Dans un travail datant de 1946 (2), Strandskov, H. Herluf et G. J. Siemens ont repris cette question pour l'ensemble de la population des U. S. A. et pour toutes les naissances multiples, aboutissant d'ailleurs aux mêmes conclusions que nous. Il nous a paru intéressant d'étendre nos calculs initiaux afin de les comparer à ceux de ces auteurs en y adjoignant l'examen des taux de masculinité en Allemagne pendant à peu près la même période. Ces résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

	France (1899-1945).	Allemagne (1907-1938).	U. S. A. (1922-1936).
Nombre total de naissances.........	33 128 557	45 834 810	31 117 925
Proportion des ♂................	0,51299±0,00009 (**)	0,51572±0,00007	0,51587±0,00009
Nombre de naissances doubles......	361 490	361 271	365 680
Proportion des ♂................	0,50789±0,00067 (**)	0,51098±0,00054	0,50849±0,00067
Nombre de naissances triples.......	3 558 (*)	5 639	3 744
Proportion des ♂................	0,48913±0,00643	0,49097±0,00503	0,49537±0,00831
Nombre de naissance quadruples....	55 (*)	78	64
Proportion des ♂................	0,63182±0,04560	0,41987±0,03918	0,46484±0,04354

(*) Calculé sur la période 1899-1949.

(**) Les erreurs standard sont partout calculées en supposant équiprobables les divers types possibles de grossesse de même degré de multiplicité.

Il semble donc largement confirmé que le taux de masculinité à la naissance décroît avec le degré de multiplicité de la grossesse. Cependant il convient de discuter la proportion aberrante des garçons dans les naissances quadruples françaises qui diffère très significativement des valeurs obtenues pour les autres pays, et pour laquelle il semble qu'il faille invoquer soit des facteurs génétiques, soit des erreurs systématiques dans l'enregistrement des naissances dans les cas où la mortalité a été particulièrement sévère. La différence provient, semble-t-il, de l'excès en France de naissances quadruplement masculines.

Il faut signaler également que la comparaison des naissances doubles classées d'après leurs trois modalités possibles (2 ♂, ♂ et ♀, 2 ♀) révèle une différence hautement significative entre la France et l'Allemagne : la proportion des naissances constituées par deux enfants de sexe opposé est plus basse en France et y a d'ailleurs décru assez régulièrement depuis 50 ans : nous y verrions volontiers l'effet d'une faible fécondité des femmes relativement âgées, qui sont particulièrement responsables des gémellités multizygotiques. Il n'existe par contre aucune différence significative en ce qui concerne les triplets, mais nos chiffres sont plus restreints pour la France (1899-1925 seulement).

---

(2) *J. of Phys. Anth. N. S.* (4), p. 491-501.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Histone de l'épithélioma atypique du Rat.* Note (*) de Mmes **Yvonne Khouvine** et **Jana Grégoire**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les désoxyribonucléoprotéides des tissus cancéreux et nécrosé de l'épithélioma atypique du Rat ont été extraits et purifiés comme nous l'avons décrit ([1]). Depuis, les quantités obtenues avec ces tissus, soigneusement séparés l'un de l'autre, nous permettent de croire que les deux nucléoprotéides isolés appartiennent bien à chaque tissu. Nous en avons séparé des histones dont nous donnons l'analyse.

Avec un nucléoprotéide de *tissu cancéreux* dont le rapport N/P est 3,26 et qui contient 160^{mg} d'azote total, nous avons obtenu 77^{mg} d'azote soluble dans ClH et 61^{mg} d'azote reprécipitable par NaOH, soit 79 % de l'azote dissous. Nous avons obtenu des chiffres semblables avec un nucléoprotéide de *tissu nécrosé*. Les protéides contiennent 17,5 à 18,5 % d'azote et 0,00 à 0,3 % de phosphore. Par électrophorèse dans l'appareil de Tiselius, à pH 8,2 pour le tissu cancéreux et à pH 4,6, 6,6 et 8,2 pour le tissu nécrosé, nous avons décelé deux composants protéiques. L'*impureté protéique* est de 15 % environ. Nous avons alors pensé que l'analyse chimique était possible et nous avons dosé les acides aminés. Nous avons fait des hydrolyses en tube scellé à 110° pendant 24 heures, avec ClH6N pour la plupart des acides aminés, une hydrolyse sulfurique sans fractionnement sur colonnes pour la phénylalanine et une hydrolyse alcaline pour la tyrosine. Nous avons séparé les acides aminés en quatre groupes, puis nous avons dosé l'azote amidé, NH_3 et les acides aminés par des méthodes chimiques, chromatographiques, microbiologiques ou par les décarboxylases; chaque série de dosages étant faite au moins deux fois. Pour certains acides, nous avons contrôlé les chiffres obtenus après fractionnement sur colonne avec ceux que donne l'hydrolysat total. Les tableaux résument nos résultats pour le *tissu cancéreux*. Ceux que nous avons obtenus avec le *tissu nécrosé* sont si voisins qu'il ne nous semble pas nécessaire de les donner, les différences pouvant s'expliquer par les erreurs de méthodes elles-mêmes.

Les protéines que nous avons extraites sont bien des histones, l'azote des acides bibasiques représentant 39,6 % de l'azote des acides aminés totaux, avec prédominance de l'arginine sur la lysine. Elles sont relativement riches en thréonine. Nous n'avons pas pu mettre en évidence le tryptophane : 10^{mg} de protéine ne donnent pas de coloration avec l'acide glyoxylique. Mais on trouve dans ces histones, ainsi que l'avaient laissé prévoir nos premières analyses, les principaux acides aminés connus. On peut donc dire, en se basant aussi sur les

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1167.

résultats de Davidson et sur ceux de Hamer, que les histones ne diffèrent vraiment des albumines et des globulines que par leur plus grande basicité et par l'absence de tryptophane. Quant aux deux histones que nous avons étudiées, elles nous paraissent, actuellement, identiques. La nécrose qui solubilise les ribonucléoprotéides, laisse intacts les noyaux dont la forme et la coloration ne changent pas, comme le montrent les coupes histologiques. Les analyses chimiques confirment l'image histologique et nous apprennent, en outre, que l'histone liée à l'acide désoxyribonucléique n'est pas touchée par la nécrose.

TABLEAU I.

Répartition de l'azote dans les groupes (%).		Distribution des groupes.	Groupes polaires (%).	Groupes apolaires (%).
Acides diaminés	39,6	Cationiques	20,4	–
» dicarboxyliques	10,0	Anioniques libres	6,8	–
» aminés neutres	40,1	Hydroxylés	11,9	–
» aromatiques	4,1	Phénoliques	2,5	–
N amidé	5,5	Amidés	8,6	–
	99,3		50,2	49,5

TABLEAU II. — *Protéine du tissu cancéreux*, N total : 18,2 %, P : 0,28 %.

Ac. aminés.	g. ac. aminé / 100 gr. protéine	N. ac. aminé / N protéique (%).	Mol. g. ac. aminé / 10^5 g. proteine	Méthodes.
Arginine	14,5	25,7	83,5	Dumazert-Poggi. Décarboxylase bac.
Histidine	2,5	3,7	16,1	Mac Pherson
Lysine	10,1	10,6	69,2	Décarboxylase bac. Dosage microbiologique
Acide glutamique	11,7	6,1	79,7	Décarboxylase bactérienne
» aspartique	6,3	3,6	47,4	Par différence
Glycocolle	6,0	6,2	80	Chromatographie quantitative
Alanine	6,4	5,5	72	» »
Leucine	13,5	7,9	113,5 (Leucine + Isoleucine)	» »
Isoleucine	4,0	2,3		Dosage microbiologique
Valine	6,2	4,1	53	Chromatographie quantitative
Phénylalanine	3,2	1,5	19,4	Kappeler-Adler
Sérine	5,9	4,3	56,2	Chromatographie quantitative
Thréonine	5,1	3,3	42,8	» »
Tyrosine	3,7	1,6	20,4	Folin-Marenzi
Cystine-cystéine	0,5	0,3	4,1	Folin
Méthionine	0,5	0,3	3,4	Dosage microbiologique
Proline	5,6	3,7	48,7	Chromatographie quantitative
N amidé + NH_3	1,2	5,5	(71)	
Total	106,9	96,2	829,4	

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *A propos du dosage de la vitamine* A. *Le spectre d'absorption de l'acétate d'axérophtol.* Note de MM. **Henri Chatain** et **Marcel Debodard**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les Auteurs précisent les caractères spectraux d'un acétate d'axérophtol pur d'origine naturelle. Les différences avec le spectre de référence officiellement accepté ne sont pas négligeables.

L'axérophtol (vitamine A) est dosé dans les huiles de foies de poissons, et en général dans toutes les préparations qui en contiennent, par spectrophotométrie ultraviolette dans la bande de 325 à 328$^{m\mu}$. Cette méthode a supplanté toutes les autres en raison de sa commodité d'exécution; elle est arrivée à un degré de perfectionnement tel qu'on sait éliminer, par le calcul ou par détermination directe, l'erreur due aux substances étrangères absorbant dans la même région. Ces travaux ont été rendus possibles par l'isolement de l'axérophtol à l'état pur et l'on conçoit ainsi l'intérêt que présente l'étude détaillée du spectre d'absorption de cette substance.

Sur les quatre isomères géométriques possibles ([1]), le plus abondant dans les huiles et le plus directement accessible a fait l'objet d'une définition physico-chimique, grâce aux recherches effectuées sur le produit naturel ([2]), dont les résultats ont été confirmés par les travaux de synthèse ([3]). Il s'agirait d'un isomère *trans-trans* ([1]) dont le dérivé acétylé cristallisé a été retenu comme Étalon international de vitamine A ([4]).

Le spectre accepté comme spectre de référence est celui dont les caractéristiques ont été publiées par Morton en 1948 ([5]). Dans une décision récente, l'Organisation mondiale de la Santé ([6]) se réfère à cette définition spectrale et prescrit que toutes les substances dont le spectre en diffère de plus de 2 % à n'importe quelle longueur d'onde entre 310 et 350$^{m\mu}$, doivent être corrigées pour éliminer l'absorption parasite.

Ces rigoureuses conditions exigent que le spectre de référence choisi soit établi avec une grande certitude. Or, lorsque Morton publia le spectre détaillé de l'acétate d'axérophtol, le produit cristallisé se préparait par des méthodes laborieuses qui ont été vite dépassées. A l'heure actuelle, cette préparation est presque industrielle et le produit commercial est devenu plus pur que celui qui était considéré comme étalon quelques années plus tôt. Il importe donc de

---

([1]) Robeson et Baxter, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 136-141.
([2]) Robeson et Baxter, *J. Am. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 2407-2410 et 2411-2416.
([3]) Isler et coll., *Helv. Chim. Acta.*, 30, 1947, p. 1911-1927.
([4]) Guerrant et coll., *Anal. Chem.*, 20, 1948, p. 465-469.
([5]) *Biochem. J.*, 42, 1948, p. 195-203.
([6]) *Org. mond. Santé*, ser. Rapp. techn., 1950, p. 3.

préciser les caractères spectraux de l'acétate d'axérophtol pur, d'origine naturelle, tels que nous les avons déterminés au cours de la préparation de plusieurs échantillons importants à partir de matières premières diverses, où dominent les huiles de foie de requin. Le tableau donne le détail du spectre du lot de référence H 65, recristallisé trois fois du méthanol, comparativement aux données de Morton et Stubbs ([5]) d'une part, au spectre du standard international (solution d'acétate cristallisé dans l'huile de coton au taux de 10000 U.I./g) d'autre part (échantillons dus à M. A. A. Miles).

λ en mμ	Ethanol		Isopropanol		Cyclohexane		
	H.65 ε 326 mμ = 50.700	Morton ε 326 mμ = 50.020	H.65 ε 326 mμ = 50.500	Standard intern. ds huile de coton	H.65 ε 326 mμ = 49.600	Morton ε 326 mμ = 48.460	Standard intern. ds huile de coton
	$\frac{E\ \lambda}{E\ max}$	$\frac{E\ \lambda}{E\ max}$	$\frac{E\ \lambda}{E\ max}$	$\frac{E\ \lambda}{E\ max}$	$\frac{E\ \lambda}{E\ max}$	$\frac{E\ \lambda}{E\ max}$	$\frac{E\ \lambda}{E\ max}$
250	10,6	12,3	10,1	-	-	13,5	-
55	10,6	-	10,1	-	-	13,7	-
60	10,4	12,2	10,1	-	-	13,6	-
65	11	-	10,8	-	10,3	13,8	-
70	13,7	15,0	13,7	-	12,5	15,8	-
75	17,25	-	17,3	-	16,2	19,3	-
80	22,6	25,4	22,4	-	20,8	23,8	-
85	28,8	33,7	29	-	27,3	30	-
90	36,8	41	36,8	36,3	34,8	37,3	29
95	47,3	51,4	47,2	-	44,9	46,9	-
300	57,6	60,4	57,8	58,4	55,9	57,1	53,5
305	69,5	71,6	69,4	69,2	66,2	66,8	64,6
10	82	82,6	82,3	82,2	79,4	79,5	78,6
12	85,3	86,4	85,6	85,7	84,2	83,8	-
13	86,7	87,8	87,2	-	86,2	85,8	85
15	89	89,7	89,8	89,5	89	88,9	88
20	95,5	95,3	95	95,5	93,9	93,4	93
25	100	99,9	99,2	99,9	99,2	98,8	98,6
26	100	100	100	100	99,5	-	99,2
28	99	99	99,5	99	100	100	100
30	97,5	97,6	97,75	97	99,2	99,5	98,6
32	94,2	-	95	-	96,3	-	-
34	90,5	-	91,2	90,4	93	-	92,7
36	87,3	88,6	87,2	-	89	-	-
38,5	82	-	82	-	84,2	85,7	-
40	78	81,2	78,5	77,6	80,9	82,8	83,8
45	65,5	68,9	65,75	65	68	70,7	68,5
50	51,4	55,7	51,2	51,5	54,3	57,2	53,8
55	39,4	43,7	39,7	-	41,3	44	-
60	29,3	31,7	29,2	29	30,4	33,1	30
65	19,5	-	19,75	-	21,5	23,9	-
70	11,8	13,2	12	12	12,5	15,1	12,5
80	3,6	4,3	3,6	-	3,3	-	-
90	1,23	1,3	1,08	-	0,8	-	-

Toutes ces mesures ont été faites au spectrophotomètre de Beckman.

L'absorption maximum $E^{1\%}_{1cm}$ est un peu plus forte qu'il n'était accepté jusqu'ici; nous trouvons 1544 dans l'éthanol, 1539 dans l'isopropanol et 1513 dans le cyclohexane, contre 1525, chiffre admis par l'O. M. S. sans indication de solvant. La forme générale du spectre est nettement plus étroite que celle qui a été indiquée par Morton. Dans l'alcool notamment, l'écart en valeur absolue des coefficients d'extinction atteint 4,9 % à $285^{m\mu}$ sur le versant des petites longueurs d'onde, 4,3 % à $350\text{-}355^{m\mu}$ sur celui des grandes.

Ces caractères sont l'indice d'une plus grande pureté de notre acétate d'axérophtol et expliquent les difficultés que l'on rencontre parfois à interpréter correctement l'analyse spectrophotométrique d'échantillons d'huiles vitaminées à haute teneur, lorsqu'on s'en tient aux méthodes officielles de

correction, telles celles de Morton et de l'U. S. P. XIV, fondées sur le spectre d'un acétate d'axérophtol insuffisamment pur. Le standard international distribué par l'O. M. S. présente d'ailleurs un spectre d'absorption (obtenu par différence entre le spectre du standard et celui de l'huile de coton utilisée comme solvant) beaucoup plus proche de nos chiffres que de ceux de Morton et Stubbs.

PHARMACODYNAMIE. — *Double action vagotonisante et respiratoire des extraits pancréatiques et mode de titrage.* Note de MM. **Michel Polonovski**, **Daniel Santenoise** et Mme **Thérèse Santenoise**, présentée par M. Léon Binet.

Des travaux antérieurs ont montré que les extraits pancréatiques, préparés en vue d'obtenir, sous une forme très purifiée et totalement exempte d'insuline, la vagotonine, hormone régulatrice de l'excitabilité réflexe parasympathique, modifient aussi la ventilation pulmonaire et l'excitabilité chimique et réflexe des centres respiratoires. Devant ce résultat établissant que la fonction endocrine du pancréas intervient, en dehors des actions insuliniennes, à la fois sur l'activité des centres parasympathiques et sur celle des centres respiratoires, il y avait lieu de se demander si cette dualité d'effets ne résultait pas d'une dualité hormonale.

La solution de ce problème impliquait la mise au point d'un titrage physiologique précis de l'action vagotonisante d'une part et de l'action respiratoire d'autre part.

1. *Titrage de l'action des extraits pancréatiques sur l'excitabilité réflexe vagale.* — L'expérience a montré qu'il n'existe pas de relation quantitative entre la dose de vagotonine mise en œuvre et l'intensité des manifestations effectrices parasympathiques, du fait de la complexité des facteurs de leur régulation. Par ailleurs, il a pu être établi une relation très régulière entre la quantité de vagotonine et la durée de ses effets.

Le fait est facile à mettre en évidence chez le Lapin non anesthésié. En administrant la vagotonine en injection sous-cutanée à des animaux, chez lesquels une compression forte et suffisamment prolongée des globes oculaires n'entraînait pas auparavant de cardio-modération notable, on constate un certain temps après, sous l'influence de la compression des globes oculaires, l'apparition de véritables arrêts du cœur. Ils sont très aisément perçus à la main chez l'animal en décubitus latéral gauche et traduisent une augmentation de l'excitabilité réflexe cardio-modératrice.

L'expérience a montré qu'il existe, dans les limites des quantités physiologiques, une relation exponentielle $Q = q\,e^{T-t}$, q étant la dose correspondant à un accroissement d'excitabilité réflexe d'une durée t et Q la quantité nécessaire pour obtenir une durée d'action T traduite par l'arrêt du cœur.

Nous avons choisi comme unité vagotonisante la quantité q minimum nécessaire pour obtenir une augmentation de l'excitabilité réflexe vagale durant deux heures.

Pour titrer un extrait en unités vagotonisantes, il suffit donc d'en déterminer la durée d'action T correspondant à une quantité Q et de calculer q suivant la formule ci-dessus. On précise ensuite, par des essais successifs, la valeur de q qui donne une hypervagotonie de deux heures, chez au moins six lapins sur 10 animaux expérimentés.

2. *Titrage de l'action des extraits pancréatiques sur l'excitabilité chimique des centres respiratoires* (*action centropnéique*). — On peut, chez les cobayes non anesthésiés et non soumis à contention, déterminer avec précision le seuil d'excitabilité des centres respiratoires à l'aide de la méthode d'inhalation de mélange d'air et de CO_2, contenant des doses progressivement croissantes de CO_2, suivant une technique décrite en détail ailleurs par l'un de nous (¹).

Lorsqu'on leur injecte de la vagotonine, on constate, 45 minutes après, un accroissement net de l'excitabilité chimique des centres respiratoires, mis en évidence par l'apparition d'une augmentation d'ampliation thoracique, pour des teneurs en CO_2 dans les mélanges gazeux inhalés notablement inférieures à celles qui étaient nécessaires pour déclencher le même effet avant l'administration de vagotonine.

Un très grand nombre d'essais nous a permis d'établir que la quantité moyenne minimum de vagotonine nécessaire pour modifier l'excitabilité chimique des centres respiratoires était assez constante et pouvait autoriser un titrage, en prenant comme unité respiratoire cette quantité-seuil rapportée à 100^g de cobaye.

Il faut éviter d'injecter un extrait contenant de l'insuline. Nous avons en effet constaté que l'abaissement, même modéré, du taux de la glycémie entraîne une diminution de la sensibilité chimique des centres respiratoires. Aussi, est-il indispensable, pour ce titrage, de désinsuliner totalement, par précipitation au ferrocyanure de potassium, l'extrait à essayer.

Il est bon aussi d'opérer sur des cobayes d'au moins 300^g, en bon état de nutrition, et ayant depuis peu ingéré des glucides, pour éviter une hypoglycémie éventuelle par décharge d'insuline en réponse à une excitation vagale.

Conclusions. — On peut titrer physiologiquement l'action vagotonisante et l'action centropnéique des extraits pancréatiques non insuliniens et suivre avec précision les modifications de la teneur de ces extraits en pouvoir hormonal vagotonisant et respiratoire aux différentes étapes de la purification de l'hormone.

(¹) In *Exposés annuels de Biochimie médicale*, 12ᵉ série, 1950.

BACTÉRIOLOGIE. — *De la présence d'éléments corpusculaires particuliers et filtrables dans une mole hydatiforme compliquée de chorio-épithéliome.* Note (*) de M. **Roland de Ruyck**, présentée par M. Robert Courrier.

En vue de mettre en évidence l'existence éventuelle d'un virus dans les processus néoplasiques humains, nous avons examiné avec les techniques appropriées, une mole hydatiforme en voie de transformation chorio-épithéliomateuse. Un ultra-filtrat obtenu par passage du tissu tumoral broyé sur filtre Seitz, a été inoculé à la membrane chorio-allantoïdienne de l'embryon de poulet. Par ailleurs, nous avons examiné un ultra-centrifugat d'un broyat de la même tumeur au microscope électronique.

A. *Inoculation à la membrane chorio-allantoïdienne.* — Les lésions observées 7 et 10 jours après l'inoculation, intéressent les trois feuillets de la membrane. Au niveau de l'*ectoderme* on rencontre avec une constance absolue une hyperplasie et une métaplasie des cellules choriales accompagnées de lésions cytologiques qui rappellent les réactions que l'on observe dans les mêmes conditions avec certains virus.

La couche des cellules choriales présente un épaississement considérable; les cellules s'étagent sur plusieurs rangées, se gonflent, s'élargissent, deviennent éosinophiles. Le cytoplasme se vacuolise, prend un aspect spongieux et finit par être complètement remplacé par d'énormes vacuoles. Dans le noyau et dans le cytoplasme on rencontre des amas acidophiles, très condensés, qui, comme les corps d'inclusion des autres lésions à virus, prennent très fortement l'éosine par la coloration de Mann.

Le *mésoderme* est extrêmement œdémateux. A côté d'une infiltration inflammatoire, on y rencontre des amas de cellules ectodermiques qui présentent les mêmes modifications cytologiques que celles observées dans l'ectoderme hyperplasique. Le tissu conjonctif est quelquefois très distendu par d'énormes cavités aux limites arrondies qui déforment complètement l'aspect de la membrane.

L'*entoderme* montre des proliférations papillaires formées par des cellules endothéliales, qui donnent naissance en s'agrandissant à de petites tumeurs globuleuses plongeant dans la cavité allantoïdienne.

Ces tumeurs sont uniquement composées de cellules épithéliales, cubiques, très basophiles. Souvent, une grande vacuole centrale refoule le noyau. Dans la partie centrale de ces tumeurs les cellules deviennent moins basophiles et on y aperçoit les premiers signes de nécrose. Ces tumeurs, qui ont un aspect fongueux, sont reliés à l'endothélium qui leur a donné naissance par des tractus épithéliaux fragiles qui semblent quelquefois se rompre et libérer la petite

(*) Séance du 30 octobre 1950.

tumeur qui tombe dans la cavité allantoïdienne. Elles ne se rencontrent pas seulement à l'endroit de l'inoculation, mais s'observent sur toute la surface interne de la membrane.

B. *Étude au microscope électronique.* — Un broyat de tumeur suspendu dans de l'eau distillée est centrifugé à 2 500^g pendant 15 minutes. Le liquide surnageant est purifié par centrifugation fractionnée. Le culot obtenu par une dernière centrifugation à 17 000^g pendant une demi-heure est resuspendu dans 0$^{cm^3}$,5 d'eau distillée filtrée et examiné sur treillis après ombrage, suivant la technique habituelle.

Les images photographiques montrent la présence d'un très grand nombre de corpuscules arrondis qui par leur forme, leur opacité, leur régularité et leur abondance suggèrent fortement une nature de virus. Leur taille varie de 0$^{\mu}$,05 à 0$^{\mu}$,1; ils n'ont pas été retrouvés dans les extraits de placenta normal.

C. *Conclusion.* — L'inoculation sur membrane chorio-allantoïdienne de l'embryon de poulet d'un filtrat fait à partir d'une mole hydatiforme compliquée de chorio-épithéliome, entraîne des lésions complexes des trois feuillets de cettte membrane.

La nature des lésions ectodermiques est très suggestive de la présence d'un virus, et les lésions prolifératives de l'entoderme rendent compte des caractères cyto-stimulants de l'agent en cause.

Les images observées au microscope électronique révèlent l'existence d'éléments corpusculaires particuliers qui n'ont pas été retrouvés jusqu'ici dans le placenta normal et qui, d'après leurs caractères morphologiques pourraient bien être un virus.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Influence de la nature de l'aliment azoté sur la production d'alcool par* Sterigmatocystis nigra. Note de M. **Roger Raveux**, présentée par M. Roger Heim.

Nous avons montré précédemment (¹), (²) qu'avec *Sterigmatocystis nigra* le *déséquilibre* du milieu de culture de Czapek pouvait amener l'apparition de composés volatils et notamment d'éthanol. Nous avons obtenu ce déséquilibre soit en élevant la quantité d'aliment carboné, soit en diminuant la concentration de l'un des éléments. Le résultat de ces études a mis en évidence l'influence prépondérante de la source azotée et des éléments catalytiques : zinc, fer, magnésium, etc. (³).

Nous examinons dans cette Note si la nature de la source azotée a une

---

(¹) R. Jacquot et R. Raveux, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 318-319.
(²) R. Raveux, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 729-731.
(³) R. Raveux, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1006.

influence spécifique sur l'intensité de la formation d'éthanol. Comme source azotée, nous avons utilisé le nitrate de potassium et le sulfate d'ammonium. L'un et l'autre de ces deux composés modifient le pH du milieu et à mesure que leur azote est utilisé par l'organisme, en raison, soit de la formation de OHK, soit de la libération de SO_4H_2. Pour étudier l'influence particulière de la variation du pH avec chacune des deux sources azotées, nous avons ajouté des quantités variables, après deux et trois jours de culture (les récoltes étant faites après quatre jours), soit de potasse aux milieux s'acidifiant, soit d'acide sulfurique aux milieux s'alcalinisant. Voici les résultats obtenus avec la souche 315 cultivée sur 40^{cm^3} de liquide de Czapek à 20 % de glucose :

Source azotée.	pH terminal.	Mycélium sec (g).	Alcool formé (*a*).
NO_3K(0,757 %)	3,2	1,324	3,39
» + 1^{cm^3},6 SO_4H_2 0,5 N (au total)..	2,7	1,279	3,20
» + 3^{cm^3},2 SO_4H_2 0,5 N (»)..	2,3	1,384	2,98
$SO_4(NH_4)_2$(0,495 %)	1,2	0,814	3,65
» + 1^{cm^3},6 OHK, N (au total)..	1,6	0,973	4,05
» + 3^{cm^3},2 OHK, N (»)..	3,0	1,035	4,80

(*a*) et autres produits volatils, exprimés en millimolécules d'éthanol par gramme de mycélium sec.

On voit que, ramenée au poids du mycélium, la production d'alcool est plus faible en présence de nitrate qu'en présence de sel ammoniacal, à un pH analogue (3,0 à 3,2). Quelle que soit la nature de la source azotée, la diminution du pH au-dessous de 3 réduit la formation d'éthanol. Ces résultats, semblables à ceux obtenus avec les levures, paraissent en contradiction avec les observations de Molliard [1] sur *la fermentation alcoolique par* Sterigmatocystis nigra *en anaérobiose*. En réalité les deux facteurs n'avaient pas alors été dissociés et la supériorité du nitrate de potassium sur le chlorure d'ammonium n'était due qu'à une moins forte acidification du milieu.

La séance est levée à 15^h45^m.

L. B.

---

(1) *Comptes rendus*, **163**, 1916, p. 570-572.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Un isomère bis-indénylidénique du rubrène. Observations sur son comportement photochimique.* Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Pierre Vallette.**

Exposé général des conditions de structure nécessaires à la photooxydabilité. Application au cas particulier d'un isomère bis-indénylidénique du rubrène.

En relation avec une récente reprise de l'étude de la réaction rubrénique ([1]), ainsi qu'avec certains travaux en cours, ou en projet, sur les dérivés indaniques [en particulier ([2]) et ([3])], nous avons à nouveau soulevé la question des corps bis-indyliques, laissée longtemps en sommeil.

Le corps le plus intéressant de la série serait incontestablement le bis-isoindénylidène, (I), c'est-à-dire le composé répondant à l'ancienne formule du rubrène. Malheureusement, l'expérience ([4]) est d'accord avec les calculs théoriques ([5]) pour donner à penser que la structure (I) est peu stable et d'un accès malaisé. Déjà la partie isoindénique du système (II), avec son enchaînement orthoquinoïde, est difficile à réaliser ([6]), sauf dans les cas où Z représente un hétéroatome (O ou S).

Sans délaisser les recherches en vue d'obtenir (I) et éventuellement (II*a*),

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) Ch. Dufraisse, J. Lefrancq et P. Barbieri, *Rec. Trav. Chim. P. B.*, 69, 1950, p. 380; Ch. Dufraisse, A. Étienne et J. Jolly, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 5.

([2]) Ch. Dufraisse et S. Ecary, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 12, 1945, p. 751.

([3]) M. Vaillant, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 762.

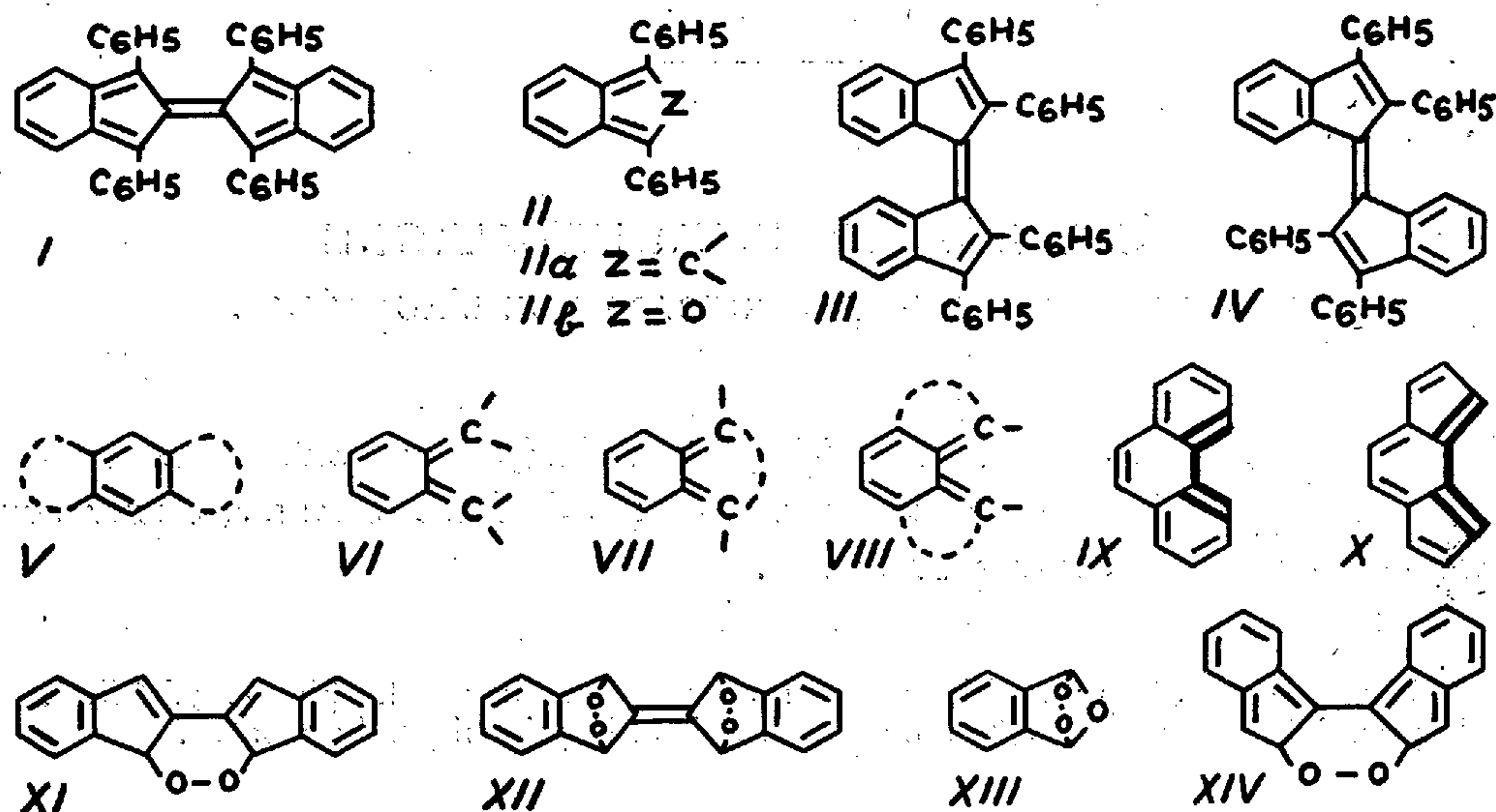
([4]) J. C. Eck et C. S. Marvel, *J. Am. Chem. Soc.*, 57, 1935, p. 1898.

([5]) C. Sandorfy, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 961.

([6]) C. F. Koelsch, *J. Am. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1321; S. Ecary, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1504.

nous avons voulu voir ce que pouvait être le comportement de corps apparentés, le corps bis-indénylidénique (III) en particulier, qui est un isomère du composé (I) et, par suite, du rubrène.

Cette synthèse, que nous avions essayée antérieurement (⁷), a été reprise sur de nouvelles bases en tenant compte des causes de nos échecs précédents.



Elle a abouti à un composé de couleur brune, fondant instantanément à 278°, auquel est attribuée la formule (III) de préférence à la formule stéréoisomérique (IV), stériquement plus encombrée.

Les solutions, de couleur rouge foncé, ne sont pas fluorescentes. Elles sont stables à la lumière en présence d'oxygène.

Nous allons essayer d'établir que cette absence de photooxydabilité était prévisible, en opposition aux prévisions d'extrême photosensibilité que la structure isomère (I) donne à supposer.

Les conditions de structure requises, en effet, pour la capture photochimique de l'oxygène moléculaire, consistent en un système diénique, activé par résonance aromatique, pourvu qu'un pont bisoxydique puisse s'y établir sans tensions excessives. Un tel agencement se trouve typiquement réalisé dans les mésocycles des acènes (V), d'où la photooxydabilité, maintenant bien connue, des corps acéniques. Mais la structure favorable doit, théoriquement, appartenir encore à d'autres sortes d'enchaînements. Il y a d'abord les systèmes dérivés de l'*o*-quinodiméthane (VI), parmi lesquels, pour des raisons de stabilité, les principaux doivent être ceux qui comportent des cyclisations supplémentaires, soit entre les carbones méthyléniques, type (VII), soit indé-

(⁷) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Bull. Soc. Chim.*, (4), 43, 1928, p. 1381.

pendamment pour chacun de ces deux carbones, type (VIII). Au premier système (VII), se rattachent, en plus des acènes (V), les corps à cycle pentagonal (II), comme les isoindènes (II*a*), et les isobenzofurans (II*b*). Au second système (VIII), appartiennent des structures polycycliques ayant un rentrant à trois côtés disposés en « triptyque », comme celle du phénanthrène (IX), ou de toute autre raccordant les carbones méthyléniques au noyau orthoquinoïdique par des cycles qui soient eux-mêmes en résonance avec l'ensemble; nous avons actuellement à l'étude une structure de ce genre, avec cycles pentagonaux (X).

Le groupe des structures *o*-quinodiméthaniques n'est pas, toutefois, le seul théoriquement apte à présenter la photooxydabilité. Il faut lui adjoindre tout agencement de quatre carbones qui, sans former de diènes proprement dits, sont engagés dans un système résonnant leur permettant d'accepter, tout comme un diène, le pont bisoxydique. Un exemple caractéristique est fourni par la structure bisisoindénylidénique (I), où la molécule d'oxygène peut théoriquement s'accrocher aux carbones 1 et 1′ des deux moitiés isoindénylidéniques (XI) [8], bien que ces carbones n'appartiennent pas à un diène vrai.

Ainsi la structure (I) offre, en théorie, cette particularité d'être photooxydable simultanément suivant deux modes distincts : le mode que l'on pourrait appeler « pseudodiénique », [*voir*(XI)], et le mode isoindénique, dont on connaît au moins un analogue [*voir* (XIII) [9]], et qui lui permettait de former un bis-photooxyde (XII). Nous serions fort surpris que l'hydrocarbure (I), s'il est un jour isolé, ne manifestât pas une photooxydabilité accentuée.

En contraste, la structure isomère (III), pourtant si voisine, est dépourvue de toute région sensible à la photooxydation, d'après la théorie qui vient d'être esquissée. On y trouve, certes, des doubles liaisons conjuguées actives, mais elles n'ont pas et ne peuvent pas prendre la disposition en *triptyque* nécessaire à l'enchaînement de la molécule d'oxygène. Sans doute peut-on y mettre en évidence des groupements diéniques à disposition en triptyque, mais c'est à la condition d'inclure dans ceux-ci les doubles liaisons des noyaux benzéniques ; or, celles-ci n'ont une activité photochimique suffisante que si elles appartiennent aux méso-noyaux de structures acéniques, ce qui n'est pas le cas. D'un autre côté, l'enchaînement de l'oxygène sans substrat diénique proprement dit, c'est-à-dire l'analogue de (XI), n'est pas impossible géométriquement (XIV), mais il ne peut s'établir qu'au prix de la formation d'un double enchaînement isoindénique, la structure dont nous avons justement souligné l'instabilité et les difficultés de création.

---

(8) Cette structure avait été envisagée pour le photooxyde du rubrène, à l'époque où cet hydrocarbure était présumé conforme à la structure (I).

(9) Ch. Dufraisse et S. Ecary, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 735.

Telles sont les raisons probables de la résistance qu'oppose à l'oxygène sous irradiation le nouvel isomère du rubrène, en dépit de la réactivité que l'on aurait pu croire attachée à sa structure bifulvénique.

M. **Jean Cabannes** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage posthume de Charles Fabry intitulé : *L'Ozone atmosphérique*, dont il a écrit la *Préface*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Jacques Tréfouël** :

R. Chaussinand : *La Lèpre*.

DÉSIGNATIONS.

MM. **Louis Fage**, **Albert Pérard**, **Pierre Lejay**, **Georges Poivilliers**, **André Danjon**, Membres de l'Académie, **Alexandre Dauvilliers**, Correspondant, MM. **Jean Aubert**, **Daniel Barbier**, **Louis Barrabé**, **Honoré Bayard**, **René Bernard**, **Jean Bricard**, **Joseph Brunel**, **Louis Cagniard**, Mlle **Suzanne Coron**, MM. **Jean Coulomb**, **Aimé Coutagne**, **Bernard Decaux**, **Henri Dessens**, **Vladimir Frolow**, **Bernard Gèze**, **Louis Glangeaud**, **Jean Goguel**, **André Gougenheim**, **Louis Hurault**, **Pierre Jacquinet**, Mme **Henri Labrouste**, MM. **Georges Laclavère**, **Jean Le Gall**, **Yves Legrand**, **Léon Migaux**, **André Perlat**, **Élie Peterschmitt**, **Paul Queney**, **Jean Rothé**, **Jean Roulleau**, **Nicolas Stoyko**, **Pierre Tardi**, **Émile Thellier**, Mme **Émile Thellier**, M. **Étienne Vassy**, Mme **Étienne Vassy**, MM. **André Viaut**, **Jean Vignal** sont désignés pour représenter la France à la IXe Assemblée générale de l'**Union Géodésique et Géophysique internationale**, qui aura lieu à Bruxelles, du 21 août au 21 septembre 1951.

CORRESPONDANCE.

L'**École militaire de West Point**, New York, États-Unis, annonce qu'elle célébrera le cent-cinquantième anniversaire de sa fondation au début de 1952.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Helen M. Dyer. *An Index of tumor chemotherapy*.

2° *Acta cientifica Venezolana*, Volume I, nos 1, 2.

3° Annales de l'Institut national de la recherche agronomique. Série C. *Annales des Épiphyties*, 1re année, n° 1.

4° *Contribution à l'Étude des Silicoflagellidés actuels et fossiles*, par Georges Deflandre.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *La condition de Souslin et une propriété caractéristique des nombres réels.* Note (*) de M. **Georges Kurepa**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Condition de Souslin.* — Un espace vérifie la *condition de Souslin* si chaque famille de ses ensembles ouverts deux à deux disjoints est $\leq \aleph'_0$.

2. *Le problème de Souslin* consiste à savoir si tout ensemble ordonné (abr. pour *totalement ordonné*) continu vérifiant la condition de Souslin contient un sous-ensemble dénombrable partout dense (est donc semblable au continu linéaire). En dépit de grands efforts, le problème n'est pas encore complètement résolu. Nous allons voir qu'il est intimement lié à l'étude des produits (carrés) cartésiens d'espaces.

3. Théorème 1. — *Soit* E *un ensemble ordonné continu sans premier et sans dernier point; pour que* E *soit semblable à l'ensemble des nombres réels, il faut et il suffit que le carré* E^2 *vérifie la condition de Souslin* (*au lieu de* E^2, *on peut mettre* E^n *pour un nombre naturel quelconque* $n > 1$).

Corollaire (Théorème 2). — *Pour que la réponse au problème de Souslin soit affirmative, il faut et il suffit que, quel que soit l'espace ordonné continu* E *vérifiant la condition de Souslin, le carré* E^2 *la vérifie.*

4. La démonstration s'inspire de la considération géométrique suivante concernant le pavage d'un carré K : soit Δ une diagonale de K; par deux droites coupant Δ à 45°, symétriques relativement à Δ, le carré K est partagé en quatre parties : deux carrés et deux rectangles. En répétant d'une façon appropriée le même procédé sur les nouveaux carrés, on obtient un pavage de K par des rectangles.

5. Le même procédé peut, dans le cas d'un ensemble ordonné continu E, être exprimé de la manière suivante : on considère une *bipartition complète* de E (*cf.* ma *Thèse, Ensembles ordonnés et ramifiés*, Paris, 1935, p. 114), c'est-à-dire un système de portions non empiétantes de E tel que : 1° $E \in D$; 2° si $X \in \psi D$ [1], il y a une famille bien déterminée $f(X) \subseteq D$ composée de deux segments de E dont l'union égale; 3° si $\Phi \subseteq D$ est une chaîne (si X, $Y \in \Phi$, alors $X \subseteq Y$ ou $Y \subseteq X$), c'est-à-dire l'intersection des $X \in \Phi$ est un élément de D. Par un procédé de bipartitions successives, on prouve que D existe.

6. Ceci étant, la construction géométrique précédente se traduit par le fait intéressant que voici : la famille des *rectangles*

$$a \times [f(X) - a], \qquad [a \in f(X),\ X \in \psi D],$$

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Pour une famille d'ensembles $\mathcal{F}$, on désigne par $\psi\mathcal{F}$ la famille des $Y \in \mathcal{F}$ ayant plus d'un point. Cf. *Comptes rendus*, **204**, 1937 p. 325; *Revista de Ciencias*, Lima, 1947, p. 457-488.

forme un pavage complet du carré E^2 (abstraction faite d'un certain sous-ensemble de la diagonale principale de E^2). Ainsi, une bipartition complète de E d'une part et un pavage de E^2 d'autre part sont mutuellement liés.

Puisque l'ensemble des extrémités des X, $(X \in \psi D)$, est partout dense, on conclut à la validité du théorème 1.

7. En étudiant le problème de Souslin je fus amené (cf. *Thèse*, p. 131) à énoncer l'hypothèse P_5 que voici (équivalente à celle dite *hypothèse de ramification* [2]) :

Dans chaque espace ordonné il y a une famille $\mathcal{F}$ *d'ensembles ouverts deux à deux disjoints et un ensemble* A *partout dense dont le cardinal est égal à celui de* $\mathcal{F}$ (cf. *Thèse*, p. 131).

8. Le contenu essentiel de l'hypothèse précédente (le cas où l'infimum des cardinaux des A est de première espèce) est équivalent à l'hypothèse que voici :

Dans chaque ensemble ordonné continu il y a autant d'ensembles ouverts deux à deux disjoints qu'il y en a dans son carré.

On ne connaît aucun espace topologique infini pour lequel l'hypothèse précédente ne serait pas vérifiée.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème d'existence pour les systèmes d'équations.* Note (*) de M. **Alexandre Ostrowski**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. En calculant une solution d'un système d'équations, on ne garde généralement qu'un nombre fixe de décimales et les calculs sont terminés quand un certain nombre de décimales dans les valeurs des inconnues ne changent plus. Toutefois, si la convergence est lente, il reste évidemment une certaine incertitude, surtout si l'existence des solutions en question n'est pas assurée. Cette incertitude peut être levée dans la plupart des cas par le théorème suivant :

2. I. *Supposons que dans le voisinage fermé sphérique* U *de rayon* ρ *d'un point* $P_0(a_1, \ldots, a_n)$ *les fonctions*

$$(1) \qquad y_\nu = f_\nu(x_1, \ldots, x_n) \qquad (\nu = 1, \ldots, n)$$

soient continues avec leurs premières dérivées et que leur Jacobien soit $\neq 0$ *dans* U. *Désignons la matrice inverse de la matrice Jacobienne des* f_ν *par* $(\partial x_\nu / \partial f_\mu)$ *et posons, pour un point général* P *de* U,

$$(2) \qquad \Delta(P) = \sqrt{\sum_{\mu,\nu=1}^{n} \left(\frac{\partial x_\nu}{\partial f_\mu}\right)^2}, \qquad \Delta = \operatorname*{Max}_{P \prec U} \Delta(P).$$

---

(2) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 185.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

Alors les équations $f_\nu = 0$ ($\nu = 1, \ldots, n$) *possèdent une solution dans le voisinage sphérique fermé* U_0 *de* P_0 *de rayon* $\Delta\sqrt{\sum_{\nu=1}^{n} f_\nu(P_0)^2}$, *si l'on a*

$$\Delta\sqrt{\sum_{\nu=1}^{n} f_\nu(P_0)^2} \leqq \rho. \tag{3}$$

Le théorème I est équivalent à l'énoncé suivant :

II. *Dans les hypothèses de* I, *abstraction faite de* (3), *l'image de* U *par* (1) *contient un voisinage sphérique fermé du point* $[f_\nu(P_0)]$ *de rayon* ρ/Δ.

3. *Démonstration de* I. — Considérons, t variant de 0 à 1, les équations

$$f_\nu(x_1, \ldots, x_n) = (1-t) f_\nu(P_0) \quad (\nu = 1, \ldots, n). \tag{4}$$

(4) a d'après le théorème classique d'existence pour $t > 0$ suffisamment petit des solutions P_t formant un arc continu C de courbe partant de P_0. Ce théorème est applicable tant que C ne sort pas de U. Or, on a, s étant la longueur d'arc de C, comptée à partir de P_0 et croissant avec t, d'après l'inégalité de Cauchy-Schwarz

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)^2 = \sum_{\nu=1}^{n}\left(\frac{dx_\nu}{dt}\right)^2 = \sum_{\nu=1}^{n}\left(\sum_{\mu=1}^{n}\frac{\partial x_\nu}{\partial f_\mu} f_\mu(P_0)\right)^2$$

$$\leqq \sum_{\nu=1}^{n}\sum_{\mu=1}^{n}\left(\frac{\partial x_\nu}{\partial f_\mu}\right)^2 \sum_{\mu=1}^{n} f_\mu(P_0)^2 \leqq \Delta^2 \sum_{\mu=1}^{n} f_\mu(P_0)^2 \leqq \rho^2,$$

tant que P_t reste dans U. Mais alors on a $s \leqq \rho t$, et P_t ne peut atteindre la frontière de U que pour $t = 1$. Or, s'il existait un $\tau^* \leqq 1$ tel que pour tout $t < \tau^*$, P_t est atteint le long de C, il résulte du théorème sur l'existence d'un point-limite que P_{τ^*} est aussi atteint, et même, pour $\tau^* < 1$, que C peut être prolongé au delà de P_{τ^*}. Alors la démonstration s'achève immédiatement.

4. $\Delta(P)$ défini par (2) est un invariant orthogonal aussi bien dans l'espace des x_ν que dans celui des f_ν, et tel que $1/\Delta(P)$ est analogue au module de la dérivée première et s'y réduit pour $n = 1$. Un invariant analogue remplaçant le module de la dérivée seconde et s'y réduisant pour $n = 1$ est défini par

$$\Delta^*(P) = \sqrt{\sum_{\nu,\mu,\varkappa}\left[\frac{\partial^2 f_\varkappa(P)}{\partial x_\nu \partial x_\mu}\right]^2}.$$

Alors, *le module du gradient de* $1/\Delta(P)$ *est majoré par* $\Delta^*(P)$.

En utilisant $\Delta^*(P)$ on peut donner l'énoncé suivant, assurant *l'unicité* des solutions pour les équations en question :

III. *Si l'on a* $f_\nu(P) = f_\nu(Q)$ ($\nu = 1, \ldots, n$) *pour deux points différents* P, Q; *si les dérivées secondes des* f_ν *sont continues sur le segment de droite* S

joignant P *à* Q *et de longueur* σ *et si le Jacobien des* f_ν *est* $\neq 0$ *dans* P, *on a pour un certain point* P^* *et un point arbitraire* P_0 *de* S :

$$\sigma \Delta(P_0)\Delta^*(P^*) \geqq 2.$$

Ici la constante 2 peut être remplacée par 4, si P_0 est pris au milieu de S. Les valeurs de ces deux constantes ne peuvent être améliorées pour aucune valeur de n.

5. On peut généraliser le théorème I en remplaçant, dans (2), (3), l'exposant 2 respectivement par p, q, où $p \geqq 1$, $q \geqq 1$, $(1/p)+(1/q)=1$, et l'on peut étendre III dans la même direction. Le cas $p=\infty$ est particulièrement important.

L'analogie de $1/\Delta(P)$ et $\Delta^*(P)$ avec les dérivées premières et secondes se confirme aussi dans le procédé de Newton-Raphson.

Les résultats indiqués seront développés dans un autre recueil.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Nouvelles solutions de l'équation de Tricomi.* Note (*) de M. **Paul Germain**, présentée par M. Joseph Pérès.

Après avoir généralisé un résultat établi par Darboux pour l'équation d'Euler-Poisson, on forme des solutions de l'équation de Tricomi dont on peut suivre le prolongement à travers la ligne parabolique. Parmi ces solutions figurent la fonction de Riemann et la solution fondamentale de l'équation.

Notations : $\sigma\psi_{\theta^2}+\psi_{\sigma^2}=0$ est l'équation de Tricomi étudiée dans le plan

$$P(\theta,\sigma);\qquad s=\frac{2}{3}\sigma^{\frac{3}{2}},\qquad \rho^2=\theta^2+s^2,\qquad t=\theta\rho^{-1};$$

x et y sont les variables caractéristiques dans le demi-plan $P_2(\sigma<0)$, l'équation est alors l'équation [1] $E(1/6, 1/6)$; on appelle P_1 le demi-plan $\sigma>0$, P'_1 ce demi-plan lorsque les coordonnées sont s et θ. Avec les variables ρ et t l'équation s'écrit :

$$(1)\qquad 3[\rho^2\psi_{\rho^2}+(1-t^2)\psi_{t^2}]+4(\rho\psi_\rho-t\psi_t)=0$$

1. L'équation de Tricomi est invariante par translation parallèle à l'axe des θ. De plus, si $\psi(\rho,t)$ est solution de (1), il en est de même de $\psi(\lambda\rho,t)$ et de $\rho^{-1/3}\psi(\rho^{-1},t)$. Par suite, il existe un groupe G de transformations dépendant de trois paramètres, permettant de déduire d'une solution d'autres solutions. Dans P'_1 ce groupe est celui des déplacements de la géométrie de Poincaré : on peut y distinguer les sous-groupes G_1 et G_2, ensembles de transformations qui peuvent s'obtenir respectivement comme produit d'un nombre pair ou impair

---

(*) Séance du 23 octobre 1950.

(1) G. Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 2, p. 54-70.

d'inversions ayant leurs pôles sur $s=0$. Dans P_2, une transformation de G_1 conserve globalement chacune des familles de caractéristiques, les nouvelles variables caractéristiques se déduisant des anciennes par une même transformation homographique. Une transformation de G_2 échange les deux familles de caractéristiques.

Si une transformation de G fait correspondre dans P le point M à un point m et si $\psi(m)$ est une solution, $[\rho(Am)]^{+1/3}\psi(m)$, en M, est solution : $\rho(Am)$ désigne la valeur de ρ au point m lorsqu'on prend l'origine au point A de l'axe des θ dont l'homologue est le point à l'infini. Ces propriétés constituent la généralisation dans P des résultats établis par Darboux dans P_2. Elles permettent en particulier de définir la notion de *solution régulière à l'infini :* $\psi(\rho, t)$ sera régulière à l'infini si la solution $\rho_1^{1/3}\psi(\rho_1, t)$ est régulière à l'origine, ρ_1 étant l'inverse de ρ. En particulier, une solution ψ n'est régulière à l'infini que si $\rho^{1/3}\psi$ tend uniformément vers une limite finie lorsque $|\rho|$ augmente indéfiniment.

2. La forme (1) de l'équation met en évidence les solutions bien connues

$$\rho^m f_m(t) = \rho^m \mathrm{E}\left(\frac{m}{2}-\frac{1}{6}, -\frac{m}{2}, \frac{2}{3}; 1-t^2\right), \tag{2}$$

$\mathrm{E}(a, b, c; x)$ désignant une solution de l'équation hypergéométrique de Gauss. Ces solutions sont d'ailleurs identiques à celles données par Darboux [1] sous une autre forme et dans P_2; le raccord entre les deux expressions se fait par l'emploi de la formule de Kummer relative aux fonctions hypergéométriques telles que $2c = a + b + 1$. L'expression (2) a l'avantage de faciliter le prolongement de ces solutions dans P_1.

En effectuant la transformation de G_1, produit d'une inversion de pôle ($s=0$, $\theta = -\theta_0$) et de puisssance $2\theta_0^2$, et d'une symétrie par rapport à l'axe des σ, on déduit de (2) les solutions

$$\frac{\rho_1^m}{\rho_2^{m+\frac{1}{3}}} f_m\left(\frac{\theta_0^2-\rho^2}{\rho_1\rho_2}\right) \tag{3}$$

avec

$$\rho_1^2 = \rho^2 + 2\theta\theta_0 + \theta_0^2, \qquad \rho_2^2 = \rho^2 - 2\theta\theta_0 + \theta_0^2.$$

Si M est le point de rencontre des caractéristiques concourrantes issues des points $(0, \pm\theta_0)$, ces solutions peuvent se prolonger immédiatement dans P_1 et dans P_2 jusqu'aux caractéristiques issues de M et leurs *réfléchies* sur la ligne parabolique. Parmi ces solutions figure, pour $6m=-1$, la fonction de Riemann de M que l'on peut donc ainsi prolonger à travers le segment $(-\theta_0, +\theta_0)$ de l'axe des σ dans P_1. Ceci permet, par exemple, d'exprimer la valeur de $\psi(M)$ d'une solution en fonction de la valeur de ψ et de ses dérivées premières sur un arc de courbe de P_1 limité aux points de $\sigma=0$,

d'abscisse $\pm\theta_0$. En prenant l'arc $\rho=\theta_0$ on obtient ainsi la formule :

$$\psi(\mathrm{M})=\theta^{-\frac{1}{6}}\int_{-\theta_0}^{+\theta_0}\frac{\psi}{(\theta_0^2-\theta^2)^{\frac{11}{12}}}\left(c_1\theta_0-c_2\sqrt{\theta_0^2-\theta^2}\right)d\theta+(12)^{\frac{2}{3}}c_2\theta_0^{-\frac{1}{6}}\int_{-\theta_0}^{+\theta_0}\frac{\psi_\theta\sigma\,d\sigma-\psi_\sigma\,d\theta}{(\theta_0^2-\theta^2)^{\frac{1}{12}}},$$

avec

$$c_1=\sqrt{2\pi}\left[\Gamma\left(\frac{1}{12}\right)\Gamma\left(\frac{5}{12}\right)\right]^{-1},\qquad c_2=\sqrt{2\pi}\left[\Gamma\left(\frac{7}{12}\right)\Gamma\left(\frac{11}{12}\right)\right]^{-1}.$$

3. De nouvelles solutions peuvent se déduire de (3) par le simple changement de θ_0^2 en $-s_0^2$. On obtient ainsi les solutions réelles :

$$(4)\qquad (\rho_x\bar{\rho}_x)^{-\frac{1}{6}}\begin{Bmatrix}\cos\\ \sin\end{Bmatrix}\left(m+\frac{1}{6}\right)\alpha\, f_m\left(-\frac{s_0^2+\rho^2}{\rho_x\bar{\rho}_x}\right)$$

en posant

$$\rho_x^2=\theta^2+(s-s_0)^2,\qquad \bar{\rho}_x^2=\theta^2+(s+s_0)^2,$$
$$\alpha=\operatorname{arc\,tg}\left[2s_0\theta(\rho^2-s_0^2)^{-1}\right].$$

Ces solutions sont analytiques dans tout le plan P, sauf en général au point $\mathrm{M}(\theta=0, s=s_0)$ de P_1. En particulier pour $6m=-1$, on obtient ainsi une solution fondamentale de l'équation, solution qui, aux environs de M, se comporte comme $\operatorname{Log}\rho_x$ et qui, grâce à son *prolongement dans tout* P, a d'intéressantes applications.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la sommation des séries de Fourier dérivées.* Note de M. **Marc Zamansky**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Démonstration simple du théorème d'Alexits et de sa réciproque. Généralisation des théorèmes de Lebesgue, Young, Privaloff. Si $f(x)$ périodique, sommable, possède une dérivée généralisée D_p au point x, il existe une classe générale de procédés de sommation définis par une fonction sommatoire $g(u)$ qui, appliqués à la série de Fourier de f dérivée p fois, donnent pour somme D_p. On peut, de plus, évaluer l'approximation fournie de f.

L'origine des principaux résultats contenus dans cette Note et des résultats qui suivront est une démonstration simple du théorème d'Alexits et de sa réciproque [1]. Soient $\sigma_n(x)$, $\sigma_n^2(x)$ les moyennes (C, 1) et (C, 2) d'ordre n de la série de Fourier de $f(x)$ sommable, $f^{\cdot}$ la fonction conjuguée de f. Considérons les identités suivantes immédiates :

$$(1)\qquad \sigma_n^{\cdot\prime}=(n+1)(\sigma_n^2-\sigma_n),$$

$$(2)\qquad \sigma_n^2-\sigma_{n-1}^2=\frac{2\sigma_n^{\cdot\prime}}{1-n^2}.$$

Si $\sigma_n-f=\mathrm{O}(1/n)$ uniformément en x, $\sigma_n^2-f=\mathrm{O}(1/n)$ et, d'après (1), $\sigma_n^{\cdot\prime}=o(1)$, donc $f^{\cdot}\in \mathrm{L}ip\,1$.

---

[1] Marc Zamansky, *Annales E. N. S.*, fasc. 1, 1949, p. 19-93.

Si $f' \in \mathrm{Lip}\,1$, $\sigma''_n = \mathrm{O}(1)$; d'après (2), $\sigma^2_n - \sigma^2_{n-1} = \mathrm{O}(1/n^2)$, donc $\sigma^2_n - f = \mathrm{O}(1/n)$ et, d'après (1), $\sigma_n - f = \mathrm{O}(1/n)$.

Les premiers résultats qui suivent généralisent les théorèmes de Lebesgue, Young, Privaloff. On sait que si en un point x,

$$\mathrm{D}_1 = \lim_{h=0} \frac{[f(x+h) - f(x-h)]}{2h}$$

existe et est finie, les moyennes (C, r) de la série dérivée de la série de Fourier de f, convergent vers D_1 si $r > 1$.

Le problème peut être posé ainsi : supposons qu'une fonction sommable

$$f \sim \frac{a_0}{2} + \sum_1^\infty a_n \cos nx + b_n \sin nx = \frac{a_0}{2} + \sum_1^\infty \mathrm{A}_n(x),$$

possède au point x une dérivée généralisée d'ordre p, D_p, en un sens qui sera défini ci-dessous. Peut-on trouver une fonction sommatoire $g(u)$ telle que les polynomes

$$\mathrm{T}_n(g, f, x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} g\left(\frac{k}{n}\right) \mathrm{A}_n(x)$$

convergent vers f et que $\mathrm{T}_n^{(p)}$ converge vers D_p?

Nous utilisons les différences $\Delta_p(f, x, t)$ que nous avons introduites précédemment ([2]). $\Delta_{2m}(f, x, t)$ est une différence de $f(x)$, d'ordre $2m$, aux points x et $x \pm t/2^k$ ($k = 0, 1, \ldots, m-1$). Si $f^{(2m)}(x)$ existe autour de x,

$$\Delta_{2m} = \frac{1}{\lambda_{2m}} t^{2m} f^{(2m)}(\xi), \qquad \text{où} \quad x - t < x < x + t \qquad \text{et} \qquad \lambda_{2m} = \frac{(2m)!}{2 \prod_1^m \left(1 - \frac{1}{2^{2k}}\right)},$$

$\Delta_{2m+1}(f, x, t)$ est une différence de $f(x)$, d'ordre $2m+1$, aux points $x \pm t/2^k$ ($k = 0, 1, \ldots, m$). Si $f^{(2m+1)}(x)$ existe autour de x,

$$\Delta_{2m+1} = \frac{1}{\lambda_{2m+1}} t^{2m+1} f^{(2m+1)}(\xi) \qquad \text{où} \quad x - t < \xi < x + t \qquad \text{et} \qquad \lambda_{2m+1} = \frac{(2m+1)!}{2 \prod_1^m \left(1 - \frac{1}{2^{2k}}\right)}.$$

Elles peuvent être définies par les formules récurrentes :

$$\Delta_1(t) = f(x+t) - f(x-t), \ldots, \Delta_{2p+1}(t) = \Delta_{2p-1}(t) - 2^{2p-1} \Delta_{2p-1}\left(\frac{t}{2}\right),$$

$$\Delta_2(t) = f(x+t) + f(x-t) - 2f(x), \ldots, \Delta_{2p}(t) = \Delta_{2p-2}(t) - 2^{2p-2} \Delta_{2p-2}\left(\frac{t}{2}\right).$$

Soit $g(u)$ une fonction sommatoire définie pour $0 \leq u \leq 1$, nulle pour

---

([2]) *Ibid.*

$u > 1$, $u < 0$, telle que $g(0) = 1$, $g(1) = 0$ et telle de plus que $u = 1$ soit zéro d'ordre $p+1$ de $g(u)$ et que $u = 0$ soit zéro d'ordre $p-1$ de $g'(u)$, la dérivée $g^{(p+1)}(u)$ étant à variation bornée. Le procédé (g) sera dit de type (p_1, p_0).

Supposons qu'au point x, $\lambda_p \Delta_p(t)/t^p$ ait une limite finie D_p.

On peut alors construire une fonction sommatoire $\gamma(u)$, combinaison linéaire finie de $g(u)$, $g(2u)$, ..., $g(2^k u)$ du type (p_1, p_0) telle que :

$$T_n(\gamma, f, x) - f(x) = k_p \gamma^{(p)}(0) \frac{D_p}{n_p} + o\left(\frac{1}{n^p}\right) \qquad (p = 2m)$$

$$T_m^{\cdot}(\gamma, f, x) - \frac{1}{\pi}\int_0^{+\infty} \frac{\Delta_p(t)}{t}\, dt = k'_p \gamma^{(p)}(0) \frac{D_p}{n_p} + o\left(\frac{1}{n^p}\right) \qquad (p = 2m+1),$$

k_p et k'_p dépendant de p seulement.

En usant de $(1 - u^p)\ g(u)$, on peut alors définir un procédé $\gamma_1(u)$ qui est aussi une combinaison linéaire finie de $g(u)$, $g(2u)$, ..., $g(2^k u)$ telle que

$$T_n^{(p)}(\gamma_1, f, x) - D_p = o(1).$$

Si, de plus, dans un voisinage de $t = 0$

$$\Delta_2(t) = A_2 t^2 + A_4 t^4 + \ldots + [A_p + \varepsilon(t)]\, t^p \qquad \text{si} \quad p = 2m, \left(\lim_{t=0} \varepsilon(t) = 0\right)$$

ou

$$\Delta_1(t) = A_1 t + A_3 t^3 + \ldots + [A_p + \varepsilon(t)]\, t_p \qquad \text{si} \quad p = 2m+1, \left(\lim_{t=0} \varepsilon(t) = 0\right),$$

alors le procédé (g) lui-même jouit des propriétés suivantes :

Si $p = 2m$,

$$T_n(g, f, x) - f(x) = (-1)^m \frac{g^{(p)}(0)}{p!} \frac{D_p}{n_p} + o\left(\frac{1}{n^p}\right),$$

$$T_n^{(p)}(g, f, x) = D_p + o(1);$$

Si $p = 2m+1$,

$$T_n^{\cdot}(g, f, x) - f^{\cdot}(x) = (-1)^m \frac{g^{(p)}(0)}{p!} \frac{D_p}{n_p} + o\left(\frac{1}{n^p}\right),$$

$$T_n^{(p)}(g, f, x) = D_p + o(1).$$

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques notions fondamentales de courbure.* Note (*) de M. **Eduard Johannes van der Waag**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La courbure classique d'une courbe k au point O est définie comme quotient-limite en O de l'angle des tangentes orientées en P et en O et de la longueur d'arc OP [1].

Si l'on attribue un signe à la courbure, ce qui est possible dans le plan, nous parlons de la courbure signée.

(*) Séance du 13 novembre 1950.

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1026.

La condition nécessaire et suffisante, pour qu'une courbe plane, qui partout dans un voisinage de O admet une tangente, possède en O une courbure classique signée est que dans un voisinage de O la courbe soit représentable par $y=f(x)$ et que la dérivée seconde $f''(O)$ existe. La condition que la courbure soit signée ne peut pas être omise.

Si la courbe plane k a partout dans un voisinage de O une tangente, k admet en O une courbure signée si et seulement si le point d'intersection de la normale en O et de la normale en P a un point limite différent de O, lorsque $\mathrm{P} \to O$.

Une courbe, qui possède dans un voisinage de O une tangente ordinaire, peut admettre en O une courbure classique sans y admettre une courbure de Alt. Inversement, la courbure de Alt peut exister, sans que la courbure classique n'existe. Cependant, si en outre le plan osculateur de Alt existe et la tangente existe dans un voisinage de O, la courbure classique existe également.

Si une courbe plane admet en O une courbure de Alt infinie, un voisinage de O sur la courbe est rectifiable.

Soit k une courbe, qui possède en O une tangente ordinaire, alors si les deux demi-plans osculateurs de Gödel existent en O et si la courbure de Gödel $\neq 0$ existe en O, le plan osculateur de Gödel existe en O.

Lorsqu'un continu C admet en O une courbure de Gödel finie $=\mathrm{K}_0$, on a pour chaque suite régulière $(\mathrm{P}'_n,\, O,\, \mathrm{P}''_n)$ [2]

$$\lim \mathrm{K}(\mathrm{P}'_n,\, O,\, \mathrm{P}''_n) = \mathrm{K}_0. \qquad (1)$$

Ce théorème n'est pas exact pour un ensemble quelconque, comme M. Pauc le prétend. Il faut alors ajouter la condition, que le plan osculateur de Gödel existe.

Lorsqu'un continu de l'espace euclidien E_3 admet en O une tangente ordinaire et si l'on a l'équation (1) pour chaque suite régulière de triplets convergeants vers O, la courbure de Gödel existe en O.

Si l'on sait que, pour chaque suite régulière de triplets, l'équation (1) est remplie, la tangente en O existe, mais elle n'est pas nécessairement ordinaire.

La courbure de Menger peut exister dans un point, sans que le plan osculateur de Menger ou l'un des autres plans osculateurs n'existent.

Soit y une fonction continue de x. Posons

$$[x_1, x_2, x_3 ; y] = \frac{\dfrac{y_1-y_3}{x_1-x_3} - \dfrac{y_2-y_3}{x_2-x_3}}{\dfrac{x_1-x_2}{2}}.$$

---

(2) Le coefficient de régularité d'un triplet est le rapport entre la plus petite et la plus grande des trois distances de ses points. Si le coefficient reste $>p>0$ pour une suite de triplets, la suite est nommée régulière.

Si $\lim[x'_n, x''_n, x'''_n; y]$ existe pour chaque suite régulière de triplets (x'_n, x''_n, x'''_n) convergeants vers O, alors $\lim[x_1, x_2, x_3; y]$ existe également. En conséquence cette définition de la dérivée seconde ne donne pas lieu à une notion nouvelle de courbure dans le plan.

TOPOMÉTRIE. — *Transport des terres sur une surface horizontale à deux dimensions.* Note (*) de M. **Ferdinand Pottier**, présentée par M. Albert Caquot.

En vue de résoudre une question de *mouvement des terres*, l'auteur reprend le problème géométrique classique *des déblais et des remblais*, étudié par Monge, Ch. Dupin et Paul Appell. Il le limite à un cas restreint, mais nouveau. Il parvient dans ce cas à en *déterminer* la solution, au moyen d'un ensemble de principes très simples, où se retrouve, largement complétée, la règle antérieurement connue sous le nom de *principe de Monge*.

On a parfois à résoudre le problème suivant de *mouvement des terres*. Étant donné un terrain à relief peu accidenté, on se propose de le *niveler*, c'est-à-dire de le réduire à un plan horizontal, pour constituer par exemple un aéroport, un carreau de mine, une gare de triage, etc. Le terrain naturel présente, par rapport au plan horizontal à établir, des bosses et des creux, qui formeront des déblais et des remblais. On utilisera les déblais pour en faire les remblais, et le transport entre un lieu de déblai et un lieu de remblai, assimilés chacun à un *point* confondu avec son centre de gravité, se fera suivant le trajet rectiligne qui les joint, dit *axe de transport*.

Le problème est d'effectuer les transports de la façon la plus économique. Il faut pour cela réduire au minimum le *moment total de transport*, somme des produits des volumes transportés, supposés tous de *densité uniforme*, par les distances parcourues, qui sont les longueurs des axes de transport. Parmi l'*infinité de combinaisons* possibles, la solution se présente rarement avec évidence.

La question ainsi posée constitue un aspect restreint, mais nouveau, du *problème géométrique des déblais et des remblais*. Ce problème a été posé et pour la première fois étudié par Monge, qui a découvert à son propos les propriétés fondamentales des *congruences de droites* (1781, Mémoires de l'Académie royale des Sciences). Après lui, Ch. Dupin l'a examiné à son tour (1818, Exercices de Géométrie et d'Algèbre). Puis l'*Académie des Sciences* l'a mis au concours (1884, prix Bordin); et Paul Appell, lauréat de la compétition ainsi instituée, en a fait l'objet d'un important Mémoire (1928, Mémorial des Sciences mathématiques).

Mais ces illustres géomètres se plaçaient à un point de vue beaucoup plus

(*) Séance du 30 octobre 1950.

général et fort différent. Les masses de déblai et de remblai qu'ils considéraient étaient supposées *réparties* dans des volumes ou sur des surfaces, et non, selon l'énoncé simplifié ci-dessus, *concentrées* en des points. Ils ont établi, sous le nom de principe de Monge, une règle propre à *faciliter* la recherche de la solution.

Dans le cas restreint envisagé ici, il est possible de dégager un ensemble plus complet de principes très simples, parmi lesquels se retrouve le principe de Monge. On en trouvera la démonstration dans un autre Recueil (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1951).

Ces principes, énoncés ci-dessous, *déterminent* la solution, dans le cas général où elle est *unique*. Dans le cas exceptionnel où existent des *solutions multiples*, il en existe une infinité, toutes équivalentes : alors les principes en cause *déterminent* des solutions particulières, dont la solution générale est une combinaison.

Principe de continuité. — Sauf circonstance exceptionnelle, les axes de transport utilisés doivent former un ensemble continu.

Principe de non-fermeture. — Aucune suite continue d'axes de transport utilisés ne doit être fermée.

Principe de Monge, ou de non-croisement. — Deux axes de transport utilisés ne doivent pas se croiser.

(Si un point de déblai ou de remblai se trouve placé sur le trajet d'un autre axe de transport utilisé, et entre ses extrémités, le cube correspondant suit le trajet de cet axe de transport).

Principe du quadrilatère. — Deux axes de transport utilisés ne doivent pas former les côtés opposés d'un quadrilatère dont la somme des longueurs soit plus grande que celle des deux autres côtés susceptibles de servir d'axes de transport, utilisés ou non.

Principe du polygone. — Tout axe de transport non utilisé doit être tel que, dans le polygone fermé constitué avec lui par la suite continue d'axes de transport utilisés qu'il ferme en général, la somme des longueurs parcourues dans son sens le long du polygone, lui compris, soit plus grande que la somme des longueurs parcourues en sens opposé.

Aspect général de la solution. — D'après ces principes géométriques, dans la solution assurant le minimum du moment total de transport, les axes de transport utilisés forment un ensemble, ramifié ou non, ne présentant de *croisements* qu'aux points de déblai et de remblai, et dépourvu de *fermetures*. De plus, cet ensemble est *continu*, sauf dans le cas exceptionnel où le principe de continuité est en défaut.

Limitation du nombre des axes de transport utilisés. — D'après cela, parmi tous les axes de transport théoriquement utilisables, on doit en utiliser seulement un nombre au plus égal, dans le cas général, à la somme des nombres des déblais et des remblais, diminuée d'une unité.

Dans le cas exceptionnel où le principe de continuité est en défaut, le nombre des axes de transport à utiliser est encore plus réduit.

Principe des cubes transportés positifs. — La combinaison d'axes de transport utilisés, satisfaisant aux principes géométriques précédents, doit être telle que les cubes transportés, qui se trouvent tous parfaitement déterminés, soient tous positifs.

Règle d'infériorité à la somme des volumes rattachés. — En application de ce dernier principe, tout volume de déblai ou de remblai est obligatoirement inférieur à la somme des volumes qui lui sont rattachés directement par des axes de transport utilisés.

ASTROPHYSIQUE. — *La discontinuité de Balmer de* HD 190073. Note (*) de M. **Jacques Berger**, Mlle **Renée Canavaggia** et M. **Daniel Chalonge**, présentée par M. André Danjon

Cette étoile, qui a déjà fait l'objet de plusieurs études, présente une série de particularités remarquables : de fortes raies d'émission dans l'ultraviolet ([1]), des raies de Balmer très élargies et une discontinuité de Balmer anormalement forte ([2]).

Le but du présent travail est de vérifier ce dernier résultat en précisant la valeur de la discontinuité.

Les spectres ont été obtenus à l'aide d'un petit spectrographe à fente à optique de quartz spécialement établi en vue de l'étude des spectres continus des étoiles faibles ([3]). Le spectrographe a été transporté pour quelques semaines à l'Observatoire McDonald et fixé au foyer Cassegrain du télescope de 82 pouces ([4]). De bons spectres de HD 190073 ont pu être ainsi obtenus en 10 à 17 minutes de pose sur des plaques rapides sensibles aux radiations plus courtes que H_β. Sur chacune des plaques étaient pris plusieurs spectres d'étoiles de comparaison ([5]) ainsi qu'une série de spectres d'une source terrestre permettant de déterminer les courbes de gradation de la plaque (densité photographique fonction du log. de l'éclairement, pour une série de longueurs d'onde, le temps de pose étant constant et voisin de ceux employés pour les spectres stellaires).

(*) Séance du 13 novembre 1950.

([1]) Swings et Struve, *Ap. J.*, 91, 1940, p. 594.

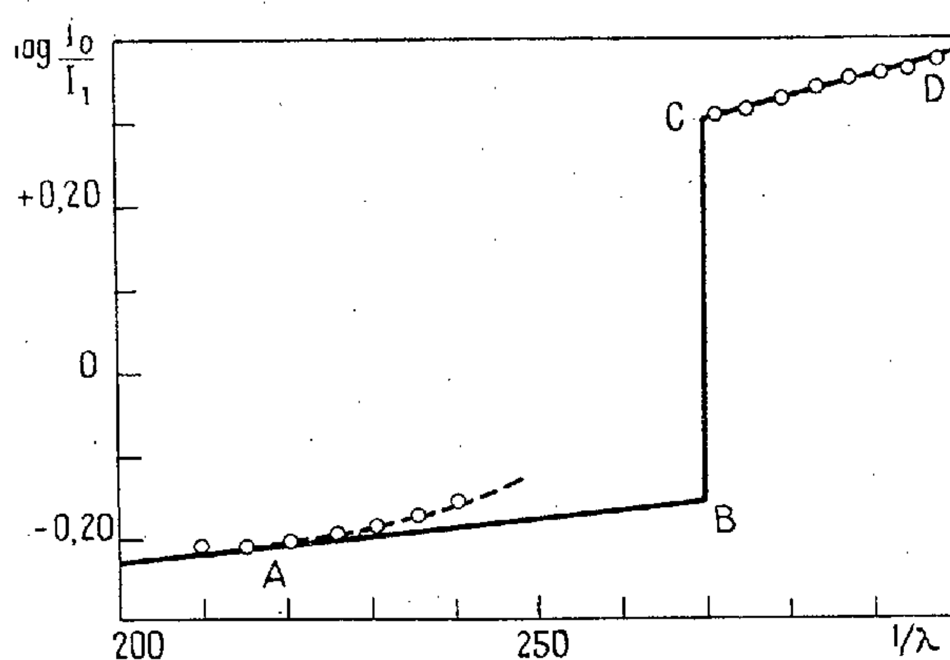
([2]) Struve, *Ap. J.*, 106, 1947, p. 358.

([3]) Sa description sera donnée dans les *Annales d'Astrophysique*.

([4]) Les observations ont été faites par Mlle Canavaggia et M. V. Kourganoff.

([5]) Ces étoiles HD 73, HD 216044 et HD 216438 ont été comparées entre elles et les caractéristiques de leur spectre continu, notamment leur discontinuité de Balmer, ont été déterminées par comparaison avec les spectres bien connus d'étoiles plus brillantes.

A partir de telles données d'observation, il est en général facile de déterminer les paramètres caractéristiques du spectre continu de l'étoile étudiée. Une difficulté se présente toutefois ici : les raies de Balmer de HD 190 073 possèdent des ailes très développées, qui, comme pour les naines blanches de type A, ne laissent vraisemblablement voir le spectre continu à l'état de pureté dans le domaine bleu violet que dans une région très étroite au voisinage de 4600 Å. Et, en effet, si l'on compare les intensités I_0 du spectre de HD 190 073 et I_1 du spectre de l'étoile normale connue HD 73, mesurées entre les raies de Balmer, le graphique représentant la variation de $\log I_0/I_1$ en fonction de $1/\lambda$ dans le domaine bleu violet ne se réduit pas à une droite mais consiste en une courbe tournant sa concavité vers le haut (*fig.* 1, courbe en trait interrompu).



C'est vers le point A seulement que le fond continu doit apparaître et le gradient relatif des spectres continus des deux étoiles doit être défini par la tangente AB à la courbe en A. Si les spectres avaient été pris sur plaques panchromatiques, le prolongement de AB, à gauche de A, aurait été assuré sur une grande étendue entre les ailes des raies H_β et H_α.

Mais plusieurs graphiques tels que 1 ont pu être tracés et les résultats obtenus présentent un accord satisfaisant : ils permettent de définir le gradient relatif dans la région bleu violet (AB), dans l'ultraviolet au-dessous de 3700 Å (CD) et la différence des discontinuités de Balmer (BC).

Nous nous bornerons à donner la valeur de la discontinuité de Balmer de HD 190 073 que l'on déduit de cette dernière quantité : c'est 0,59.

Cette valeur est nettement supérieure aux plus fortes déterminations de discontinuités faites par Barbier et Chalonge : l'excès est sans doute attribuable à l'absorption par l'enveloppe de l'étoile.

PHONÉTIQUE. — *Sur la caractérisation objective du discours en phonétique.* Note (*) de M. André Moles, transmise par M. René Barthélemy.

La voix n'est que l'instrument du discours et ses caractères ne suffisent pas à définir la qualité de celui-ci. On propose ici une nouvelle méthode de dépouillement statistique d'enregistrements du niveau instantané du discours dégageant les caractères attachés au discours lui-même et non pas à la voix.

L'étude des différences entre les voix humaines est rendue difficile par la multiplicité des paramètres mis en jeu et par le fait que les variations de ces paramètres chez un même individu sont souvent du même ordre que les variations moyennes que l'on rencontre en passant d'un individu à un autre. Or, la voix humaine n'est que l'instrument utilisé dans un type d'information de nature bien définie, le *discours* (speech, Sprache).

Divers auteurs, principalement aux États-Unis, ont étudié certains aspects de la voix humaine tels que le spectre moyen, le niveau sonore moyen fourni, la courbe de répartition des hauteurs apparentes de la voix (Tiffin), mais il semble que ces facteurs soient insuffisants pour caractériser les qualités de la voix telle qu'on l'utilise dans le discours ou la conversation. Le problème de la définition d'un discours de bonne qualité présente des incidences techniques importantes (speakers, orateurs, professeurs, etc.) et n'a fait jusqu'à présent l'objet d'aucun autre contrôle qu'une appréciation subjective qui pratiquement porte plus sur des facteurs tels que le débit, la netteté, l'intelligibilité que sur le spectre proprement dit ou la hauteur, les défauts les plus évidents : bégaiements, voix éraillée ou rauque étant trop caractéristiques pour ne pas être éliminés *a priori*. Aussi, avons-nous cherché à obtenir une image objective de ces éléments en ayant recours aux enregistrements au bathymètre logarithmique sur des fragments de discours bien définis, toujours comparables et assez longs pour que des conclusions statistiques puissent être tirées.

Nous avons opéré en plaçant des sujets examinés en chambre sourde à une distance constante (80^{cm}) d'un microphone électrostatique à très haute fidélité, dont le préamplificateur attaquait un enregistreur logarithmique type Neumann dont le papier se déroulait à une vitesse de 3 mm/sec. Chaque sujet lisait, après une seule répétition :

1° un sonnet de 102 mots (Hérédia : *Récif de Corail*) choisi pour incliner le sujet à donner à sa voix le maximum possible d'expression ;

2° un texte administratif de 125 mots dépourvu d'intérêt, choisi pour obtenir du sujet l'effort le plus normal de lecture compréhensive sans effets oratoires d'aucune sorte. Les enregistrements de ces deux textes se présentent sous la

---

(*) Séance du 30 octobre 1950.

forme connue d'une série de créneaux de hauteur variable séparés ou non par des silences et forment à l'échelle adoptée une suite simple de maxima et de minima qui étaient dépouillés de la façon suivante :

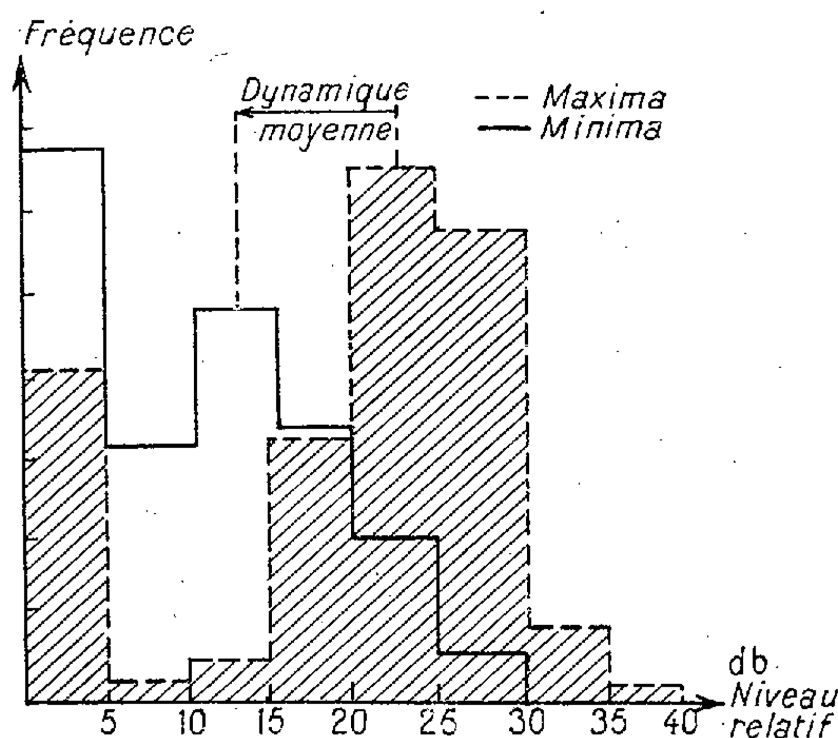
a. les maxima maximorum représentent le niveau maximum de la voix, seul caractère proprement physiologique apparu vraiment important dans le discours, les défauts les plus évidents s'éliminant d'eux-mêmes *a priori* comme nous l'avons dit plus haut;

b. la durée totale, en rapport direct avec la vitesse de diction, et les deux textes choisis permettaient d'en apprécier deux valeurs typiques;

c. le nombre de silences, aussi en rapport avec la diction, est facile à comparer à la structure du texte, il représente pour ainsi dire la *prononciation* des signes de ponctuation : points, virgules, tirets, alinéas, etc.;

d. On ne peut apprécier dans le discours comme en musique une *dynamique* proprement dite (rapport 20 $\log_{10}$ fortissimi/pianissimi) puisque les pianissimi sont souvent nuls (pas de bruit de fond proprement dit). Aussi chaque diagramme est-il dépouillé en recherchant successivement dans les zones de niveau croissant de 5 en 5 db le nombre de maxima et de minima rencontrés dans les deux bandes d'épreuves correspondant aux textes types adoptés.

On obtient ainsi deux courbes de répartition des maxima et des minima (*fig.* 1) présentant chacune une valeur plus probable dont l'écart caractérise la *dynamique moyenne* du discours et dont les formes sont caractéristiques du sujet considéré.



Cette étude qui doit être poursuivie sur des bases statistiques groupant séparément les sujets ordinaires et les professionnels du discours (professeurs, orateurs, etc.) nous a déjà fourni sur une vingtaine de sujets les résultats suivants :

a. il y a une différence énorme (10 à 25 db) entre les niveaux maxima nor-

maux, c'est-à-dire sans efforts fournis par les divers sujets. En général les femmes ont un volume de voix plus faible que les hommes;

b. le débit de l'ordre de 48 secondes pour 100 mots, pour la prose, est 10 % plus lent pour les vers (53 secondes pour 100 mots);

c. le nombre des silences varie considérablement avec la qualité du discours, il en paraît un excellent critère;

d. la dynamique *moyenne* est toujours très faible, du même ordre pour la prose que pour les vers (12 db);

Cette étude est poursuivie actuellement.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur quelques propriétés physiques des amalgames de nickel.* Note (*) de MM. **Jean Jaffray** et **Jean Cariat**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Quelques propriétés des amalgames de nickel *liquides* ont été étudiées par Bates et ses collaborateurs pour des titres en nickel faibles ($\leq 0,25$ %). Ces auteurs ont montré que la résistivité électrique de ces amalgames subit une chute brusque vers 220° C, lorsqu'on opère par températures croissantes, mais que cet accident ne se reproduit pas au refroidissement. Un chauffage ultérieur, depuis la température ordinaire, ne fait rien apparaître vers 220° C ([1]). De plus, ces amalgames, fraîchement préparés à froid, diamagnétiques à température ordinaire et jusqu'à 225° C, deviennent ferromagnétiques au-dessus de cette dernière température et le demeurent lorsqu'on les ramène à la température ordinaire ([2]).

Cette Note résume les recherches, effectuées par nous sur ces substances, qui ont été préparées par électrolyse d'une solution aqueuse de sulfate de nickel avec une cathode en mercure; dans chaque expérience on a pris soin de dégazer le produit et de prévenir l'oxydation superficielle.

1. *Anomalie de résistivité.* — La mesure des variations relatives, en fonction de la température, de la résistance d'un amalgame contenu dans un tube de verre où plongent de grosses électrodes de fer, a donné des résultats analogues à ceux de Bates : par températures croissantes, la résistance, qui croît d'abord régulièrement, subit très près de 220°C une diminution rapide qui a l'apparence d'une discontinuité. La transformation indiquée par cette anomalie de résistance semble définitive puisqu'elle ne se reproduit ni pendant le refroidissement ni au cours d'un chauffage ultérieur.

2. *Variations avec la température de la f. é. m. du couple fer-amalgame de nickel.* — Les mesures ont été faites par une méthode potentiométrique.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) L. F. Bates et J. H. Prentice, *Proc. Phys. Soc.*, 51, 1939, p. 419.

([2]) L. F. Bates et C. J. W. Baker, *Proc. Phys. Soc.*, 52, 1940, p. 436.

Pour un amalgame dont le titre en nickel ne dépasse pas 0,2 %, la f. é. m. thermoélectrique E, d'abord fonction linéaire de la température depuis 150°C, présente une chute rapide pouvant atteindre 2 % à une température légèrement supérieure à 220°C (220 à 226°C suivant les expériences). En plus de cette discontinuité, il y a, au-dessus de cette température, une légère diminution de la pente de la droite $E = f(\theta)$; le pouvoir thermoélectrique $P = dE/d\theta$ devient donc très grand à une certaine température et il possède des valeurs différentes de part et d'autre de celle-ci. Bien que, dans quelques expériences, les températures de l'anomalie de résistance diffèrent de 2 ou 3° de celles qu'on observe pour E, il est probable que, dans les deux cas, les phénomènes ont une même origine. Il n'y a pas d'anomalie de E, ni pendant le refroidissement, ni pendant un chauffage ultérieur.

Pour un amalgame dont le titre en nickel dépasse 0,2 % (au delà de 0,5 %, l'amalgame devient peu fluide et perd rapidement son homogénéité), on observe, à partir de 220° C, une diminution continue et considérable du pouvoir thermoélectrique s'étendant sur une vingtaine de degrés, sans qu'il y ait discontinuité de E. Un refroidissement ultérieur donne une courbe $E = f(\Theta)$ absolument rectiligne entre 260 et 160° C. Il semble donc que l'on se trouve ici en présence d'une transformation progressive, non réversible dans les conditions de l'expérience.

3. *Analyse thermique des amalgames.*— On suit la différence de température entre deux soudures du couple cuivre-constantan disposées dans deux cavités identiques creusées dans un bloc de fer chauffé régulièrement; l'une des cavités contient du mercure pur, l'autre une masse à peu près égale d'amalgame.

Tant que l'amalgame est pauvre en nickel (titre $< 0,2\%$), la courbe différentielle présente un accident qui débute *brusquement* à 218° et atteint son maximum vers 220-222° C. Pour des amalgames plus concentrés en nickel, on observe, soit une succession d'accidents commençant vers 216° C, soit un accident prolongé s'étendant sur la région 216-235° C. Dans tous les cas, ces accidents indiquent une *absorption de chaleur* par l'amalgame.

4. *Conclusions.* — La transformation des amalgames de nickel annoncée par Bates est donc confirmée et il est probable que les anomalies observées sur la résistivité électrique, la susceptibilité magnétique, la force thermoélectrique et la capacité thermique ont lieu à une même température, voisine de 220° C. Cette transformation s'est toujours montrée irréversible.

On peut chercher l'interprétation de ces expériences dans deux voies. On peut supposer, ce qui semble improbable, que l'amalgame est le siège vers 220° C d'une transformation d'ordre chimique, par exemple un départ d'hydrogène. On peut aussi remarquer que tous les caractères d'une transformation du premier ordre sont ici rassemblés, ce qui indiquerait pour ces

liquides quelque chose d'analogue aux transformations polymorphiques des milieux cristallins.

Il y aurait alors lieu de rapprocher les résultats obtenus ici des tentatives faites pour préparer le nickel *hexagonal* et observer sa transformation en nickel *cubique*. Par exemple, Michel et ses collaborateurs ont montré que les atomes de nickel se disposent facilement en réseau hexagonal compact par insertion d'atomes de carbone ou d'azote; la phase est alors non ferromagnétique, mais elle se transforme irréversiblement en une phase cubique, ferromagnétique, par élévation de température (210° pour le composé carburé, 190° pour le composé nitruré) ([3]).

MAGNÉTISME. — *Sur le calcul de la constante de Curie des ferromagnétiques et paramagnétiques, basé sur la notion d'activation intermittente.* Note de M. **Robert Forrer**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Dans une Note précédente ([1]) l'auteur avait introduit la notion d'activation intermittente dans l'étude du ferromagnétisme; elle est caractérisée par l'hypothèse qu'une série a d'activations intermittentes élémentaires de durée fractionnaire $\beta = 0{,}010$ se fait à partir des paires (en nombre Δ) d'électrons à l'état $3d$ vers les états $4s$ et $4p$. Il en résulte dans les paires à l'état $3d$ des lacunes périodiques qui donnent un moment supplémentaire $m = a\beta\mu_B$. Le champ moléculaire est attribué à des interactions entre les états $4p$ intermittents. Si le nombre Δ de paires d'électrons à l'état $3d$ entamées est grand, le nombre d'électrons solitaires et avec cela le moment magnétique peut être très différent de celui de l'état sans activation. Ceci peut avoir une forte répercussion sur le moment observable à l'état paramagnétique.

2. *Mode de calcul.* — Dans l'état paramagnétique, ce sont les constantes de Curie C qui sont additives; on a d'après Langevin : $C = \mu^2/3R$ avec $\mu^2 = 4s(s+1) = N(N+2)$, si N désigne le nombre d'électrons solitaires à l'état d. Soit C^a la constante de Curie pour l'état *avec* activation intermittente, C^b celle pour l'état *sans* activation intermittente, $n = a/\Delta$ le nombre de fois que Δ paires sont entamées par la série a d'activations intermittentes. La constante de Curie partielle C^i, correspondant à la fraction de temps occupé par l'activation intermittente, est alors $C^i = n\beta C^a$ et la constante de Curie partielle C^{b-i}, correspondant au reste du temps est $C^{b-i} = (1 - n\beta)C^b$. La somme des constantes de Curie partielles est

$$C_\varepsilon = n\beta C^a + (1 - n\beta)C^b.$$

([3]) Leclerc et Michel, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1508; Bernier et Michel, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 1073; nos 3-4, 1949, p. 199; nos 5-6, 1949, p. 365.

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1254.

3. Pour *le fer* par exemple, l'état sans activation est d^8; donc $N = 2$. Pendant l'activation intermittente ([1]), toutes les paires à l'état d sont entamées; donc $\Delta = 3$ et $N = 5$. L'état ferromagnétique avait donné $a = 20$; donc $n = a/\Delta = 20/3$. La durée de l'activation intermittente est donnée par $n\beta$, d'où $C^i = n\beta C^a = 0,302$, $C^{b-i} = (1 - n\beta)C^b = 0,943$. C_ε calculé est donc 1,245, valeur approchant de très près la constante de Curie expérimentale 1,26, trouvée par extrapolation des Fe-Sn et Fe-Si par Néel ([2]), des Fe-V par Sucksmith ([3]) et des Fe-Al par Fallot ([4]).

Pour le nickel et le *cobalt* on peut faire un calcul analogue. Cependant il faut tenir compte d'après ([1]) de l'activation permanente à l'état $4s^2$ d'un quart des atomes. Le calcul complet pour Ni donne $C_\varepsilon = 0,321$, approchant de très près la valeur expérimentale 0,323 bien connue. Pour Co on trouve $C_\varepsilon = 1,087$, déficitaire de 11 %; ici intervient peut-être, comme pour les sels du cobalt, un moment orbital.

4. *La multiplicité des moments dans les paramagnétiques* ([5]) peut en partie être interprétée par une telle activation intermittente. Le calcul peut être effectué là où il n'y a pas de moment orbital (par exemple pour les ions Fe^{+++} et Mn^{++}). Dans certains cas (exemple Cu^{++}) le moment excédentaire peut être attribué exclusivement à une augmentation par activation intermittente. On obtient en effet par une activation intermittente vers s^2 (donc $\Delta = 2$) avec $n = 2$, 4, 6 (nombres du même ordre de grandeur que dans les ferromagnétiques) pour l'ion Cu^{++} des constantes de Curie égales à 0,412, 0,474 et 0,505; elles correspondent bien aux trois groupes de moments prédominants dont les constantes de Curie moyennes sont : 0,417, 0,472 et 0,503.

Dans le cas des ions Fe^{+++} et Mn^{++} à l'état $3d^5$ une activation intermittente doit s'opérer, si elle a lieu, sur des électrons solitaires; le moment doit diminuer, ce qui est en effet le cas. On obtient par exemple avec $\Delta = 5$ et $n = 8$, $C_\varepsilon = 4,079$, nombre très voisin des valeurs expérimentales $(\overline{C} = \sim 4,065)$ des sels organiques de Mn^{++} ([6]) où la dépression du moment est particulièrement forte. De plus, le phénomène des *droites coudées* dans la représentation de $1/\chi$ en fonction de t, souvent observé dans l'étude des paramagnétiques ([5]), peut être attribué, quand l'angle est petit, à une variation *discontinue* du nombre $n = a/\Delta$, caractéristique dans l'hypothèse de l'activation intermittente.

([2]) *Ann. de Phys.*, **18**, 1932, p. 5.
([3]) *Nature*, **140**, 1937, p. 970.
([4]) *J. de Phys.*, **5**, 1944, p. 153.
([5]) *Voir* G. Foëx, *Le Magnétisme*, Strasbourg, 1939.
([6]) Bhatnagar, Nevgi et Sharma, *Phil. Mag.*, **22**, 1936, p. 409.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'interaction entre une onde électromagnétique progressive et un faisceau électronique se déplaçant dans un système cylindrique perpendiculaire à des champs électrique et magnétique constants et croisés.* Note (*) de MM. **Robert Warnecke** et **Oskar Dœhler**, présentée par M. Camille Gutton.

La présente Note concerne une variante d'un tube amplificateur à ondes progressives, caractérisé par le fait que les électrons sont en interaction avec le champ électrique radiofréquence au sein de champs électrique et magnétique constants dans le temps et croisés entre-eux ([1]). Sa particularité est que le champ magnétique constant est produit par le passage d'un courant continu dans un conducteur constituant l'élément intérieur d'un circuit à retard du type coaxial. De ceci résulte la possibilité d'obtenir un gain relativement élevé et un haut rendement caractéristique de l'amplificateur considéré ([2]).

La figure 1 schématise ce système dans le cas où son axe est rectiligne; le courant continu d'intensité I_m produisant le champ magnétique circule dans la tige T qui est entourée d'un élément à retard cylindrique L (par exemple en forme d'hélice). Une différence de potentiel constante V_0 est appliquée entre T et L. Au moyen d'un canon C, un faisceau électronique d'intensité I_0 est injecté dans le système. Il existe un courant critique pour lequel les électrons émis d'un point de la tige T rebroussent chemin devant la ligne à retard

$$I_{m_c} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{2m}{e}}V_0}{\mu_0 \operatorname{Log}\frac{r_a}{r_c}}. \tag{1}$$

En l'absence de charge d'espace les trajectoires auraient une forme épicycloïdale. Si les électrons ont des trajectoires rectilignes dans l'espace d'interaction, leurs vitesses à l'entrée sont

$$\dot{r} = 0; \qquad \dot{z} = v_0 = \frac{2\pi V_0}{\mu_0 I_m \operatorname{Log}\frac{r_a}{r_c}}. \tag{2}$$

Les possibilités du système ont été étudiées en faisant différentes hypothèses :

1° Les trajectoires des électrons sont rectilignes [équation (2)];

2° Le gain est évalué dans le cas des petits signaux;

(*) Séance du 6 novembre 1950.

([1]) R. Warnecke, W. Kleen, A. Lerbs, O. Dœhler et H. Huber, *P. I. R. E.*, 1950.

([2]) R. Warnecke et W. Kleen, Demande de brevet français n° provisoire 568098. Une disposition voisine a été décrite sous le nom de *torotron* par Buneman, *Proc. Phys. Soc.*, 1950.

3° Les effets de la charge d'espace sont négligés;

4° Le faisceau électronique est étroit (champs H. F. constants dans sa section);

5° L'absorption d'électrons par les parois est négligée;

6° La vitesse des électrons est égale à la vitesse de phase de l'onde électromagnétique, ou voisine, dans l'espace d'interaction;

7° La vitesse des électrons est petite devant celle de la lumière.

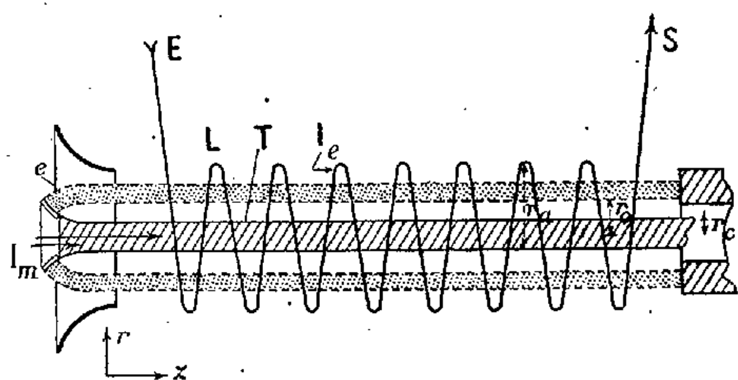


Fig. 1.

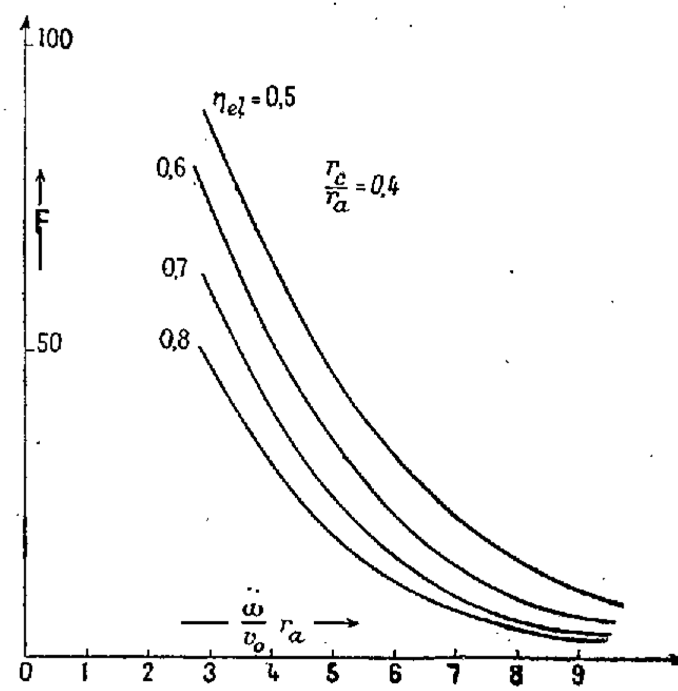


Fig. 2.

Le calcul montre qu'il existe, lorsque la vitesse de phase de l'onde libre est voisine de celle des électrons, deux ondes possibles, l'une amplifiée et l'autre atténuée. Le gain optimum est

$$\bar{\gamma}_0 = \left(\frac{c}{v_0}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{1}{\lambda} \left(\frac{I_0}{V_0}\right)^{\frac{1}{2}} F(r_c, r_0, r_a) \text{ db/cm}.$$

La figure 2 représente la fonction F dans un cas particulier. Le paramètre est le rendement électronique

$$\eta_{el} = 1 - \frac{1}{4}\left(\frac{I_{m_c}}{I_m}\right)^2.$$

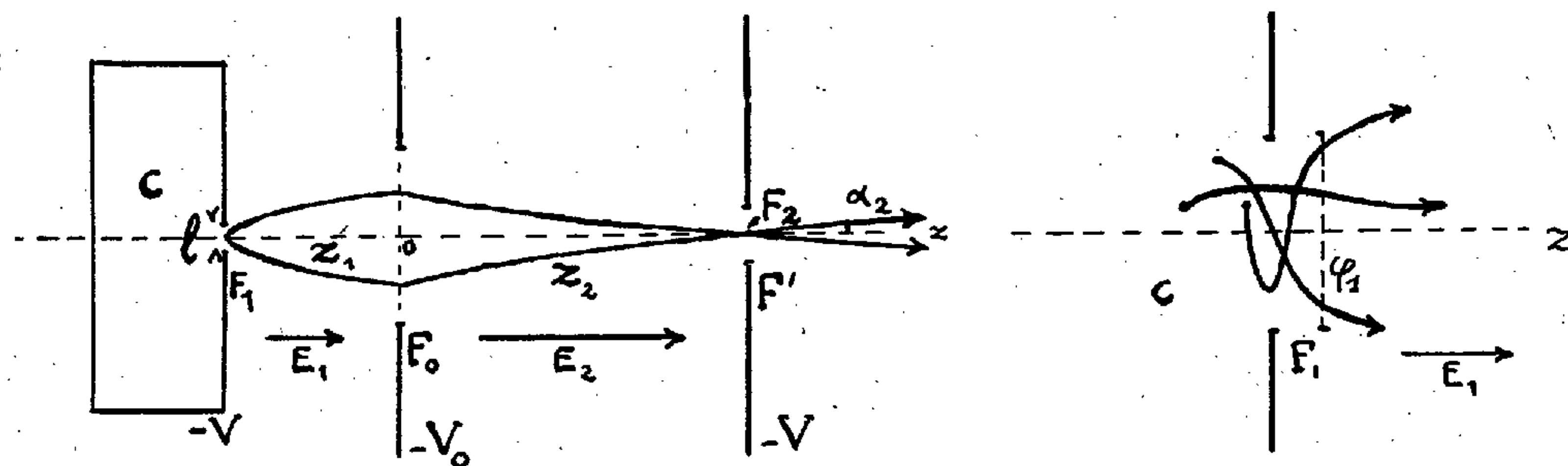
La condition 7° étant toujours remplie dans la pratique, l'abandon de l'une ou l'autre des quatre premières hypothèses conduit à une valeur théorique plus élevée du gain. Quand les effets de charge d'espace ne sont pas négligés, on trouve qu'il existe trois ondes dont l'une n'est ni amplifiée, ni atténuée (et que pour les grandes densités de courant électronique, $\bar{\gamma}_0$ est proportionnel à $I_0^{2/3}$). L'abandon de la quatrième hypothèse conduit à une valeur théorique plus faible du rendement, et bien entendu celui de la cinquième hypothèse réduit les valeurs calculées à la fois pour le gain et le rendement. Lorsque la sixième condition n'est pas satisfaite il y a deux ondes supplémentaires qui ne sont ni

atténuées, ni amplifiées, et qui ont une grande dispersion. Dans le cas général, il y a cinq ondes correspondant aux conditions initiales.

Pour un système fonctionnant aux environs de 1500 Mc : s avec $I_m = 500$ A, $V_0 = 1200$ V, $v_0/c = 1/25$, $r_c = 2^{mm}$, $r_a = 7^{mm}$, le calcul indique une puissance utile de 100 W, un rendement de 40 %, un gain de l'ordre de 2,5 db/cm (ordre de grandeur de celui des meilleurs tubes à ondes progressives du type Kompfner-Pierce).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la suppression de la fente de sortie dans une source d'ions*. Note de M. **François Bertein**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Considérons par exemple une des sources imaginées par Nier en spectrométrie de masse; c'est à la fente de *sortie* F′ que l'on assigne le rôle d'objet dans la focalisation des trajectoires ioniques par le champ magnétique analyseur. En fait, comme le souligne R. Vauthier dans une récente Note ([1]), F′ est un diaphragme de sortie; le véritable objet ionique étant la fente F_1 d'extraction des ions créés en C (*figure*) l'amélioration du rendement de la source conduit donc à former de F_1 une image F_2 sur F′ à l'aide de la fente plus large F_0 jouant le rôle de lentille ([2]).



Si F_2 est plus étroite que la fente F′, on peut évidemment supprimer cette dernière, ou du moins la remplacer par une ouverture relativement large, car le champ électrique accélérateur exige le maintien de l'électrode correspondante. Une telle modification simplifierait la réalisation et la mise au point de l'instrument (le réglage de F_2 en profondeur peut jouer un rôle compensateur), Nous examinerons brièvement ce problème en traitant F_0 comme une lentille mince séparant deux régions de champs uniformes.

([1]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 764.

([2]) F. Bertein et J. Vastel, *Annales de Radioélectricité*, 4, 1949, p. 269.

Désignons les tensions par $-V$, $-V_0$, $-V'$, les champs par E_1 et E_2; nous considérons pour le moment les ions comme étant monocinétiques, l'origine des tensions correspondant aux ions d'énergie nulle; on supposera d'autre part la source exempte de champ magnétique. Moyennant l'approximation de Gauss, la méthode de Gans [3] permet d'obtenir aisément l'abscisse z_2 de l'image F_2 en fonction de celle z_1 de l'objet; en posant :

$$p_1=\sqrt{\frac{V}{V_0}}=\sqrt{1+\frac{E_1 z_1}{V_0}}, \qquad p_2=\sqrt{\frac{V'}{V_0}}=\sqrt{1+\frac{E_2 z_2}{V_0}};$$

$$(1) \qquad \frac{E_1}{1-p_1}-\frac{E_2}{1-p_2}+E_1-E_2=0.$$

Le grandissement linéaire et le grossissement angulaire sont, d'autre part, g et G définis par

$$(2) \qquad g=\frac{E_1}{E_2}\,\frac{1-p_2}{1-p_1}, \qquad Gg=\frac{p_1}{p_2}.$$

Le fonctionnement correct du spectromètre, c'est-à-dire l'obtention du pouvoir de résolution prévu, exige essentiellement la formation d'une image F_2 et d'une ouverture α_2 suffisamment étroites, c'est-à-dire g et G suffisamment petits.

Un tel schéma doit, en fait, être retouché pour tenir compte des aberrations chromatique et d'ouverture. On sait, d'une part, que les ions peuvent correspondre à une bande d'énergie w, de l'ordre d'une dizaine de volts. Ils décrivent d'autre part, au niveau de la fente F_1 des segments de trajectoires d'autant plus sinueux que leurs énergies sont plus faibles; l'objet ionique donnant l'image F_2 n'est alors pas la fente F_1 elle-même; c'est une zone virtuelle φ_1 à peu près de même largeur, mais qui envoie des rayons paraboliques sous une inclinaison assez grande pour que l'approximation de Gauss ne soit plus applicable au voisinage.

Il est facile d'évaluer une limite supérieure pour ces aberrations en admettant par exemple que φ_1 puisse émettre des rayons sous l'angle maximum 90° avec l'axe Oz. La formule (2) du grandissement reste en particulier applicable à condition de prendre comme largeur de l'objet $l+2(w/E_1)$.

Les formules mentionnées, montrent dans ces conditions la possibilité d'obtenir les pouvoirs de résolution classiques des appareils industriels (largeur de quelques dixièmes de millimètre pour l'image F_2), moyennant des ordres de grandeur habituels; on voit à ce sujet la nécessité de réduire le rapport w/E_1, résultat bien connu pour les lentilles à immersion [4] dont la source d'ions fournit un exemple; la présence d'un champ magnétique dans la source confirmerait également cette dernière conclusion.

---

(3) *Z. techn. Phys.*, 18, 1937, p. 41.

(4) ZWORYKIN, MORTON et RAMBERG, *Electron Optics*, p. 477.

On pourrait évidemment envisager : *a.* soit une simplification de la source aux dépens d'un paramètre de réglage par l'emploi d'un seul diaphragme F_0 jouant le rôle focalisateur et accélérateur (F_2 est alors virtuel); *b.* soit une adjonction d'électrodes supplémentaires dans le but de mieux satisfaire aux conditions voulues à l'aide d'un *instrument d'optique* se substituant à une lentille unique F_0 (exemple : sources de Nier plus récentes).

PHOTOGRAPHIE. — *Rôle joué par certains colorants dans l'action de l'infrarouge sur l'image latente (effet Herschel).* Note (*) de M. **Léon Cohen-Solal**, présentée par M. Jean Cabannes.

De nombreux auteurs, en particulier Millochau, Lüppo-Cramer, Honty (1) ont signalé que certains colorants comme le vert à l'iode, le vert malachite, la phénosafranine étaient des sensibilisateurs de l'effet Herschel. En fait, sur une émulsion portant un voile latent et imprégnée d'une solution aqueuse de l'un de ces corps, l'infrarouge détruit le voile préalable plus rapidement et complètement que sur l'émulsion non imprégnée. Cependant, les modalités de cette action « sensibilisatrice » méritent d'être précisées.

a. L'imprégnation par une de ces solutions *désensibilise considérablement l'émulsion vis-à-vis de la lumière actinique;* sensibilité divisée par un facteur de l'ordre de 10000, variable avec la teneur de la solution. L'imprégnation seule ne détruit pas le voile latent préalable, mais elle le rend plus lentement développable.

b. Un voile de densité donnée est affaibli de la même façon par une irradiation de grande longueur d'onde, qu'il ait été créé avant ou après imprégnation par le colorant.

c. Après imprégnation, l'effet Herschel est produit par des radiations beaucoup plus étendues vers les faibles longueurs d'onde. Une émulsion au bromure (film Dipos Contact de Gevaert) qui, dans son état naturel, subit l'effet Herschel de la part des radiations comprises entre $0{,}72$ et $1^{\mu}{,}0$ montre après imprégnation un effet Herschel s'étendant entre $0{,}51$ et $1^{\mu}{,}0$.

De même, si l'on irradie l'émulsion voilée par un spectre normal à répartition d'énergie uniforme, le maximum d'inversion est aux environs de $0^{\mu}{,}8$ sur l'émulsion normale, aux environs de $0^{\mu}{,}65$ sur l'émulsion imprégnée. Ces nombres n'ont qu'une valeur indicative : limite inférieure, maximum et limite supérieure d'inversion variant légèrement, la première avec la densité du voile préalable, les autres avec la durée de l'irradiation infrarouge (2), (3).

(*) Séance du 13 novembre 1950.

(1) Millochau, *Comptes rendus*, 138, 1906, p. 1407, et 140, 1907, p. 725; Lüppo-Cramer, *Zeits. wiss. Phot.*, 25, 1928, p. 282; Honty, *IXe Cong. intern. phot.*, Paris, 1935-1936, p. 68.

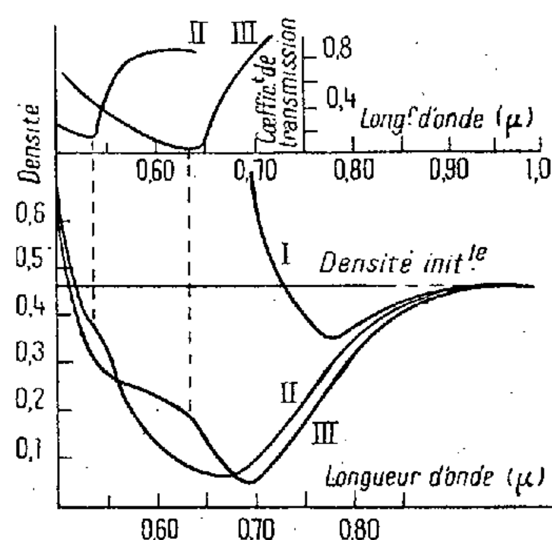
(2) H. Belliot, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 1609. et *Thèse*, Paris, 1939, p. 90.

(3) H. Belliot et L. Cohen-Solal, *Sc. et Ind. phot.*, (2), 15, 1944, p. 5.

d. Si l'on compare l'effet d'inversion produit par une même radiation, comprise entre 0,7 et 1$^{\mu}$,0, on constate que l'efficacité du colorant décroît quand la longueur d'onde augmente; *l'extrémité infrarouge du spectre produit sensiblement le même effet sur l'émulsion, que celle-ci soit ou non imprégnée de colorant.*

e. Si l'on fait abstraction de l'effet de filtre produit par le colorant adsorbé, effet qui modifie la répartition spectrale d'énergie et donne par suite des apparences variables au phénomène d'inversion (*voir* figure), on constate que *l'influence de divers colorants sur l'effet Herschel est indépendante de leur absorption sélective :* Un colorant vert comme le vert à l'iode (forte bande d'absorption de 0,5 à 0$^{\mu}$,7 avec maximum en 0$^{\mu}$,64) donne lieu, aux anomalies d'absorption près, au même effet Herschel qu'un colorant rouge comme la phénosafranine (forte absorption des radiations de longueur d'onde inférieure à 0$^{\mu}$,55).

Ces divers caractères du rôle des colorants dans l'effet Herschel s'interprètent dans le modèle indiqué par H. Belliot (²) en 1926 et que H. Belliot et moi avons ultérieurement développé (³). L'effet Herschel est la résultante de deux actions antagonistes et simultanées de la lumière sur l'émulsion voilée : une action d'impression, une action d'inversion.



Inversion par un spectre continu normal d'une émulsion : (I) ordinaire; (II) imprégnée par une solution de phénosafranine; (III) imprégnée par une solution de vert à l'iode. Dans la partie supérieure de la figure les courbes II et III montrent respectivement l'absorption de ces deux colorants.

Une couche photographique non chromatisée possède un domaine de sensibilité spectrale, correspondant à la bande d'absorption de l'halogénure d'argent, qui se termine brusquement vers 0$^{\mu}$,45, mais en réalité se prolonge par un domaine de sensibilité résiduelle très faible, décroissante et tendant vers zéro. Ce domaine, appelé parfois *queue de sensibilité*, très variable avec la nature et le mode de préparation de l'émulsion, peut se prolonger jusqu'au proche infrarouge.

De même l'action d'inversion, qu'on attribue en général aux seules radiations de grande longueur d'onde (supérieure à 0$^{\mu}$,70 pour le bromure d'argent) doit commencer très en deçà de cette valeur (à partir de 0$^{\mu}$,50 ou moins). Elle

ne se manifeste pas sur l'émulsion ordinaire où elle est masquée par la sensibilité résiduelle prépondérante quoique faible jusqu'à $0^{\mu},70$.

Lorsque la sensibilité résiduelle est réduite pratiquement à zéro par un colorant désensibilisateur, l'effet d'inversion existe seul et conduit aux apparences observées et traduites par la figure ci-dessus. Il n'est pas indispensable de supposer une exaltation de l'effet d'inversion proprement dit par le colorant. D'une part, on a vu qu'une telle exaltation n'existe pas à l'extrémité des grandes longueurs d'onde du spectre. D'autre part, on conçoit mal qu'elle puisse exister sans relation directe avec les propriétés d'absorption lumineuse du colorant.

SPECTROSCOPIE. — *Étude des perturbations apparaissant dans les spectres, entre $0^{\mu},9$ et $1^{\mu},9$, des hydrocarbures aliphatiques saturés à chaîne droite et des éthers-oxydes.* Note de M. **Germain Gauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. *Hydrocarbures saturés aliphatiques à chaîne droite.* — Ils présentent une bande aux harmoniques $n=2$ et 3 ($1^{\mu},7$ et $1^{\mu},2$) qui se dédouble [1] en deux composantes, dont les intensités varient suivant la longueur du squelette carboné. Nous l'expliquons par une influence du champ électrique du groupement CH_3 sur celui des groupements CH_2 voisins. Le doublet donne des renseignements sur la longueur de la chaîne; *c'est le centre de gravité du doublet qui se déplace vers les basses fréquences avec l'allongement de la chaîne.*

La composante CH_2, trouvée vers 5790 cm^{-1} dans l'harmonique $n=2$, se sépare en 5780 et 5800 cm^{-1}. La composante à 5800 est intense pour l'hexane (n) et celle à 5780 cm^{-1} ne constitue qu'un point d'inflexion, mais bien marqué. Pour l'hexadécane (n), l'inverse a lieu. Le même phénomène se retrouve pour la vibration à 8260 cm^{-1} de l'harmonique $n=3$, et fournit le doublet 8250-8275, avec les mêmes variations d'intensité. Nous avons employé des cuves de 1^{mm} à $1^{\mu},7$ et de 5^{mm} à $1^{\mu},2$. Le dédoublement n'est déjà plus visible, à cause de l'élargissement des raies, avec des cuves de 2^{mm} et 10^{mm}, respectivement. Le déplacement de l'autre vibration CH_2 des mêmes harmoniques semblerait s'interpréter de la même manière. Le dédoublement, s'il a lieu, devrait être plus faible, puisque le centre de gravité ne se déplace que de 5 cm^{-1}, de 5672 cm^{-1} pour l'hexane (n) à 5667 cm^{-1} pour l'hexadécane (n).

L'interprétation du dédoublement attribue *aux groupements* CH_3 *terminaux une influence sur les groupements* CH_2 *voisins qui voient ainsi leur fréquence de vibration augmentée.* L'action de CH_3 s'étend à quelques groupements CH_2, soit par action directe du champ, soit par battement du second CH_2 avec le premier. Pour le décane (n), dont les deux branches du doublet ont une

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 837.

intensité égale, il y a autant de CH_2, vibrant à la fréquence basse qu'à la fréquence élevée; des huit groupements CH_2, quatre vibrent à la fréquence élevée, chaque CH_3 terminal affectant la vibration de deux groupements CH_2 voisins.

Ainsi la mesure des intensités relatives des deux composantes des doublets CH_2 donne une indication directe du nombre de groupements CH_2 dans la molécule. Cette mesure est basée sur la différence du nombre de CH_2 affectés par le champ de CH_3 et du nombre de CH_2 non affectés. L'influence du groupement CH_3 peut servir de mesure pour le calcul du champ qu'il crée. Dans une molécule ramifiée relativement courte (moins de 10 atomes de carbone), le doublet sera inexistant et la seule vibration CH_2 perturbée subsistera, par exemple les composantes 5800 et 8275 cm^{-1}.

2. *Éthers-oxydes.* — Le problème a déjà été posé par M. R. Freymann [2]. L'éther éthylique, et tous les composés oxygénés en général, montrent une bande caractéristique de la présence de l'oxgène différente de celle qu'apporte la présence d'un halogène ou d'une liaison multiple, qui n'occasionnent qu'un déplacement de bande. A côté de la bande $n\nu(CH)$ apparaît une autre bande perturbée $n\nu(CH - O)$, toujours déplacée du côté des basses fréquences par rapport à la bande non perturbée. Nous avons repris toutes les mesures, sur l'éther éthylique, pour les harmoniques $n = 2, 3, 4$ et comparé les fréquences obtenues avec celles des spectres de l'hexane, pour faire le partage des vibrations supplémentaires carbone-hydrogène de l'éther, puisque les deux substances possèdent des groupements CH_2 et CH_3. La comparaison des spectres indique que *les fréquences* CH_2 *sont toujours doubles :* $n\nu(CH_2)$ *et* $n\nu(CH_2 - O)$ *et déplacées toutes deux vers les basses fréquences par rapport à une bande* CH_2 *de l'hexane,* la seconde plus fortement que la première. Le reste du spectre s'interprète bien avec une légère augmentation de fréquence pour les bandes CH_3, probablement causée par de faibles variations des forces de liaison, dues au groupement CO et à la longueur très réduite des radicaux carbonés de $(C_2H_5)_2O$.

2ν	Hexane (cm^{-1})	–	5672	5790	5803	5868	5908
	Éther (cm^{-1})	**5540**	5670	5767	5822	5906	5941
3ν	Hexane	–	–	8270	8380	8483	–
	Éther	**8085**	–	8200	8398	8457	–
4ν	Hexane	–	–	10741	10903	11045	–
	Éther	**10547**	–	10700	10987	11042	–

On explique ainsi toutes les anomalies : *la bande double provient d'un équilibre statistique entre les vibrations perturbées et non perturbées du groupement le*

[2] *Cahiers Phys.*, **14**, 1943, p. 49.

plus près de l'oxygène. Pour l'éther méthylique [3], les deux fréquences trouvées sont les deux composantes $n\nu(CH_3)$ et $n\nu(CH_3—O)$. Pour l'éther éthylique, la composante $n\nu(CH_2)$ est plus intense que $n\nu(CH_2—O)$ (sauf pour l'harmonique $n=2$, où il est difficile de juger à cause du chevauchement de deux bandes), alors que l'inverse est vrai pour les éthers à chaîne carbonée plus longue : ce qui indique que le groupement CO ne perturbe que les deux groupements qui l'encadrent immédiatement. Si l'on met un éther en solution dans l'acide chlorhydrique, la composante perturbée de basse fréquence $n\nu(CH_2—O)$ ou $n\nu(CH_3—O)$ disparaît, mais la composante de fréquence plus élevée demeure en place. Le groupement CO est alors neutralisé et son moment électrique n'exerce plus l'influence qui cause l'apparition d'une bande perturbée.

EFFET RAMAN. — *Montages permettant d'opérer sur de très petites quantités de liquides*. Note de M. **Michel Vacher** et Mlle **Yvonne Lortie**, présentée par M. Jean Cabannes.

Pour obtenir le spectre Raman d'un très petit échantillon, nous utilisons comme cuve un tube de quelques dixièmes de millimètre de diamètre intérieur, analogue à ceux dont on fait les thermomètres. Le tube, initialement cylindrique à l'extérieur, est taillé optiquement suivant des faces planes parallèles à l'axe du canal permettant l'excitation et l'observation du phénomène. Nous utilisons concuremment deux montages fonctionnant, l'un comme les montages traditionnels (avec excitation et observation à angle droit), l'autre en ultramicroscope (avec observation directe).

1. *Observation à angle droit*. — Le dispositif est actuellement réalisé avec un objectif d'éclairage O_1 de distance focale $f = 5^{mm},4$ et d'ouverture numérique 0,65, un objectif d'observation de $4^{mm},5$ de distance focale, ouvert à $f/1$, et une cuve de $0^{mm},45$ de diamètre. O_1 donne un grandissement d'environ 1/27,5, tel que seule soit éclairée une tranche parallèle à l'axe de la colonne liquide assez mince pour éviter des réflexions gênantes sur la paroi cylindrique intérieure; la fente du spectrographe a une hauteur utile d'environ 2^{mm} : on n'utilise qu'une hauteur de colonne de $0^{mm},2$ et un volume d'environ $0^{mm^3},03$, donc une masse de liquide de l'ordre de $30^{\mu g}$. La cuve d'observation, taillée en forme de prisme rectangle isocèle, constitue le réservoir d'une micropipette dont le piston de mercure permet de prélever la substance étudiée, et d'en amener l'index sur le faisceau lumineux.

On élimine la lumière parasite en peignant, avec le vernis noir le moins fluorescent qu'on ait pu trouver, l'ensemble de la paroi extérieure du tube, sauf deux fenêtres d'entrée et de sortie de la lumière.

(3) L. Szobel, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 315.

On obtient ainsi, en une dizaine d'heures, des spectres Raman à dispersion convenable (15 à 20 Å/mm) en utilisant un spectrographe à deux prismes de 60° avec un objectif de chambre ouvert à *f*/4,5. Le spectre ci-dessous (*fig.* 1) a été obtenu avec une prise d'essai de 30$^{\mu g}$ environ d'acétate de vitamine A ramené à la forme liquide à la température ambiante par addition d'une trace de chloroforme qui n'apparaît pas sur le cliché.

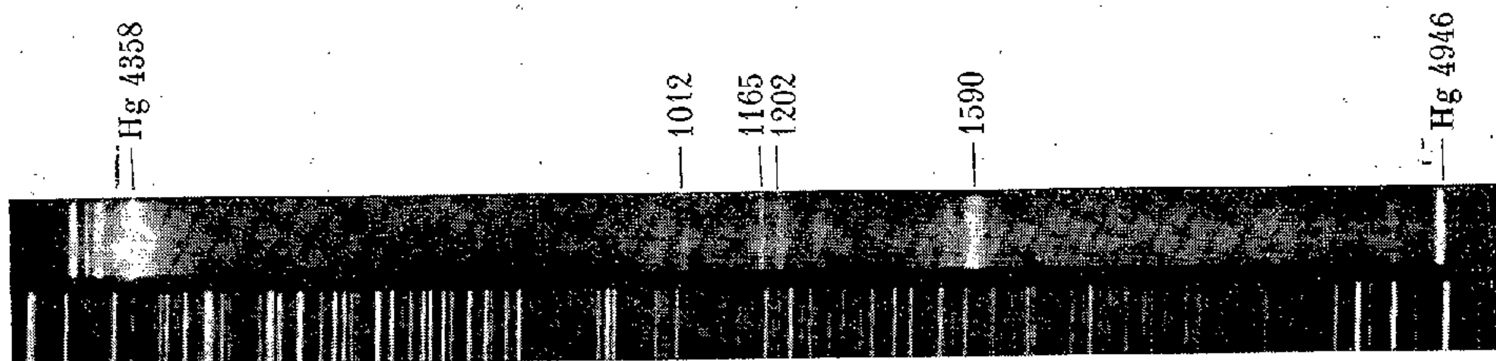


Fig. 1.

2. *Montage à observation directe.* — Le montage ultramicroscopique (*fig.* 2) comporte un arc B analogue à celui du montage précédent qui éclaire un trou circulaire T. Un objectif de champ Ch donne de B une image sur le diaphragme D du dispositif ultramicroscopique, un filtre F, le dispositif ultramicroscopique proprement dit U, la cuve C, taillée en forme de lame plan-parallèle, séparée par de l'huile de cèdre H du dispositif U et de l'objectif à immersion O, qui projette C sur la fente S d'entrée du spectrographe. Des mécanismes permettent de régler les distances et le centrage relatifs de U, C et O, pour éclairer et projeter convenablement C sur S.

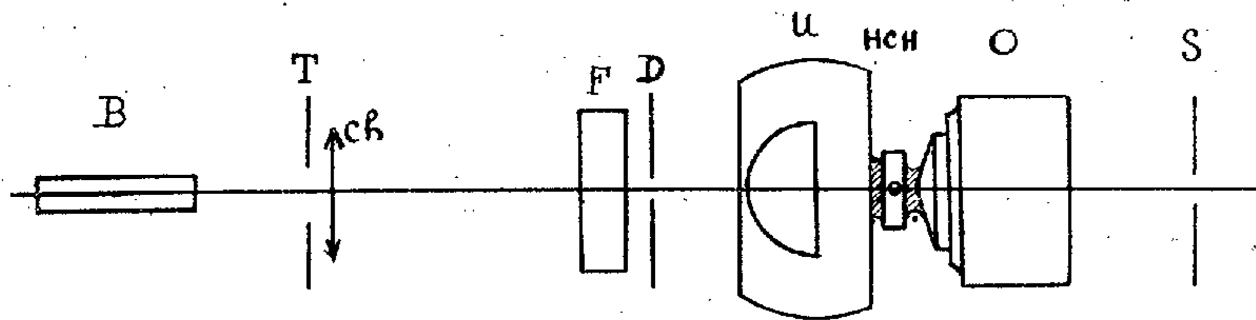


Fig. 2.

3. *Comparaison aes montages. Possibilités.* — Nous comparons actuellement les deux montages, du double point de vue de la luminosité et surtout des possibilités de réduire le diamètre du capillaire et la masse de la prise d'essai.

L'épaisseur de la masse liquide éclairée, comptée dans la direction du faisceau diffusé, est petite par rapport à la distance focale de l'objectif de projection : les brillances du faisceau diffusé sont pratiquement proportionnelles au diamètre de la cuve. Or, les masses mises en œuvre sont inversement proportionnelles au carré de ce diamètre : on a intérêt à utiliser des cuves de diamètre aussi faible que possible et un spectrographe très lumineux.

S'il est facile dans le montage à angle droit de réduire l'épaisseur de la partie éclairée du capillaire, comptée le long du faisceau d'observation, en réduisant la largeur de la fente F_1, il est très difficile, dans le montage ultramicroscopique, d'agir sur cette épaisseur, qui, difficile à mesurer, semble être de l'ordre de $0^{mm},05$, ce qui nous interdirait avec ce montage d'utiliser des capillaires de diamètre inférieur à $0^{mm},2$.

La seule substitution, dans les montages actuels, au spectrographe ci-dessus, d'un grand spectrographe à deux prismes de 30° avec un objectif de chambre de 16^{cm} de distance focale et ouvert à $f/0,7$, donc environ cent fois plus lumineux, doit nous permettre soit de réduire énormément le diamètre de la cuve (on pourrait en principe, en conservant le même temps de pose, réduire ce diamètre de $0^{mm},5$ à 5^{μ}, ce qui diviserait par 10000 environ la quantité de matière mise en œuvre), soit de réduire plus modestement le diamètre de la cuve, en réduisant également le temps de pose.

La petitesse des épaisseurs traversées doit permettre l'obtention avec le montage à angle droit des spectres Raman de substances fortement colorées, liquides (ou solutions), ou même fins cristaux.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la vapeur d'eau sur le carbure de calcium.* Note de M. **Jacques de Villelume**, présentée par M. Paul Lebeau.

On sait qu'à la température ordinaire la réaction du carbure de calcium sur l'eau à l'état liquide donne naissance uniquement à de l'acétylène (1)

Par contre, la réaction de ce même carbure sur l'eau à l'état de vapeur semble très différente, mais n'a été que très partiellement étudiée. Negishi (2) observe à 300-400° C un dépôt de produits solides mélangés à la chaux. Tischenko (3) remarque qu'à 500-700° C il apparaît des produits organiques condensables et des gaz où il a identifié le méthane, l'acétylène et l'éthylène. Moissan (1) et Siemens-Halske (4) signalent qu'au-dessus de 600° C il se forme du gaz carbonique et il se dépose du carbone.

J'ai repris cette étude dans un large domaine de température, d'une part entre la température ambiante et 100° C et d'autre part entre 100° C et 600° C. J'ai trouvé, comme Moissan l'a montré, que la vapeur d'eau attaque les hydrocarbures au-dessus de 600° C.

Pour les expériences effectuées entre 100 et 600° C, la vapeur d'eau est diluée par un courant d'azote à l'entrée d'un surchauffeur; le mélange azote-vapeur d'eau passe ensuite dans un four où est placée une prise d'essai de

---

(1) Moissan, *Comptes rendus*, 118, 1894, p. 501.
(2) *Bull. Chem. Soc. Japan*, 17, p. 1942.
(3) D. R. P. 346065, 1921.
(4) *Chem. Zent.*, 1910, p. 1397.

quelques décigrammes de carbure de calcium en poudre. La composition des hydrocarbures formés à différentes températures est donnée dans le tableau I; les pourcentages sont rapportés au poids de carbone combiné initial.

TABLEAU I.

t° C	20.	150.	250.	350.	400.	500.
Acétyléniques (%)	14,1	14,1	13	10,1	7,8	6,1
Ethyléniques (%)	4,5	4,5	4,1	3,2	2,5	1,9
Saturés (%)	30	30	30	30	30	30

Les gaz ont été séparés, après condensation, par distillation fractionnée et analysés (tableau II)

TABLEAU II.

A 200° C	méthane	24,6
	éthane	3,8
	propane	1,4
	éthylène et acétylène	2,5
	éthyléniques et acétyléniques supérieurs	15,5
	produits solides	52

Il apparaît une quantité importante de solides bruns et très poreux, qui sont déposés *in situ* dans la chaux formée. Ces solides sont infusibles et peu solubles; leur carbonisation sous azote à 1000° C libère des carbures dont les points d'ébullition sont situés respectivement à 40 et 85° C. Ces carbures précipitent à l'iodomercurate de potassium et sont probablement des acétyléniques en C_5 et C_6.

D'autre part, on peut déterminer la température à partir de laquelle a lieu la réaction en faisant passer un courant d'azote dans un saturateur où il se charge de vapeur d'eau et dans un surchauffeur; le mélange azote-vapeur d'eau est envoyé dans le four où se trouve la prise d'essai de carbure de calcium.

La réaction commence dès la température ambiante; il se forme un mélange gazeux de composition analogue à celle qui a été donnée pour l'attaque à 150° C et aussi des produits solides.

Il est manifeste d'après ces derniers essais que le carbure de calcium donne des produits de réaction très différents selon qu'il est attaqué à la même température par l'eau liquide ou par la vapeur d'eau.

Le carbure de calcium utilisé a été préparé par réduction de la chaux par le carbone et l'on sait que dans ces conditions il se forme une solution solide carbure de calcium-chaux. Il sera donc nécessaire d'étudier la réaction sur un carbure de synthèse dont nous préciserons la préparation.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Combustion de la houille pulvérisée dans l'oxygène et dans les mélanges oxygène-azote*. Note (*) de M. **Hubert Scartazzini**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons réalisé les flammes de houille pulvérisée dans l'oxygène, dans l'air et dans des mélanges intermédiaires, étudié le spectre entre 6800 et 2800 Å et procédé aux déterminations pyrométriques des températures de brillance et des températures vraies.

Nous utilisons notre brûleur ([1]) pour réaliser les flammes de houille pulvérisée dans l'oxygène et les mélanges oxygène-azote à 21, 40, 60 et 80 % d'oxygène.

La houille utilisée, analysée selon la norme B 11 de l'Afnor, contient 0,5 % d'humidité, 17,5 % de cendres et 28,7 % de matières volatiles; l'analyse élémentaire donne : C : 68,5 % ; H : 4,2 % ; N : 1,2 % ; O : 8,1 % ; S indosable. Elle passe au tamis 100.

Un séchage préalable à l'étuve et une agitation dans le réservoir du brûleur assurent une alimentation régulière en combustible.

Combustion dans l'oxygène. — Le débit de poudre étant de 15 g/min, le maximum de brillance s'obtient pour 11 l/min d'oxygène. La vitesse de sortie du mélange est de 21 m/sec. La flamme s'étale sur 25^{cm}; sa brillance n'est homogène que sur la moitié inférieure, les particules solides étant trop dispersées dans le haut de la flamme. Il y a un faible pourcentage d'imbrûlés solides.

Au spectrographe, on repère un fond continu dû aux particules incandescentes couvrant un spectre de raies et de bandes comme l'a déjà vu Coppens ([2]). Entre 6800 et 2800 Å, on observe les raies de Li (6708); Na (5896, 5890); Ca (4227); K (4040, 4044); Cu (3274, 3247); Mg (2852) et de très nombreuses raies du fer; nous n'avons pu identifier avec certitude qu'une bande OH (3064 Å).

Nous avons mesuré les températures de brillance suivantes pour $\lambda = 0{,}665\ \mu$:

Hauteur au-dessus de la base de la flamme (cm)	2.	4.	6.	8.	10.
$t^{\circ}C \pm 20$	1760	1710	1635	1580	1520

Au point de brillance maximum nous avons déterminé la température vraie en procédant comme l'a indiqué P. Barret ([3]); la source auxiliaire est une

(*) Séance du 13 novembre 1950.

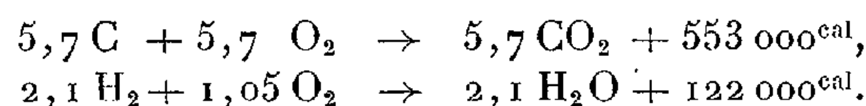
([1]) Cueilleron et Scartazzini, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 489; **230**, 1950, p. 97.

([2]) *Ann. Mines Belgique*, **40**, 1939, p. 149.

([3]) *La Recherche Aéronautique*, juillet 1948, p. 11.

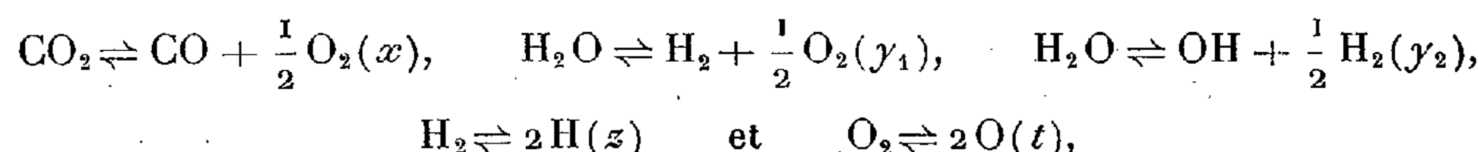
lampe à ruban de tungstène. On mesure ainsi 2030° C ± 30; en opérant dans le vert ($\lambda = 0,540\ \mu$) nous confirmons cette valeur.

Nous avons calculé la température théorique de combustion. D'après l'analyse élémentaire la combustion de 100^g de houille équivaut à



$$5,7\,C + 5,7\,O_2 \rightarrow 5,7\,CO_2 + 553\,000^{cal},$$
$$2,1\,H_2 + 1,05\,O_2 \rightarrow 2,1\,H_2O + 122\,000^{cal}.$$

En considérant les dissociations



$$CO_2 \rightleftharpoons CO + \frac{1}{2}O_2(x), \quad H_2O \rightleftharpoons H_2 + \frac{1}{2}O_2(y_1), \quad H_2O \rightleftharpoons OH + \frac{1}{2}H_2(y_2),$$
$$H_2 \rightleftharpoons 2H(z) \quad \text{et} \quad O_2 \rightleftharpoons 2O(t),$$

la température T de la flamme est donnée par

$$675\,000 - \Big[5,7x.68\,000 + 2,1y_1.58\,000 + 2,1y_2.64\,000 + 2,1\left(y_1 + \frac{y_2}{2}\right)z.100\,000 + (5,7x + 2,1y_1)t.117\,000\Big] = \sum C_p^T.T,$$

$T = 3040°K$ satisfait à cette équation. La composition de la flamme en volumes % est alors

CO_2.	CO.	H_2O.	H_2.	O_2.	OH.	H.	O.	N_2.
25,6	28,4	9,85	4,5	14	6,05	5	6,35	0,2

Combustion dans les mélanges oxygène-azote. — L'augmentation des débits gazeux oblige à réduire à 7 g/min le débit de houille pulvérisée, avec un débit d'oxygène de 6,5 l/min auquel est ajouté l'azote nécessaire. La vitesse de sortie du mélange doit être comprise entre 11 m/sec (pour 21 % O_2) et 17 m/sec (pour 80 % O_2) pour obtenir une flamme stable. Les flammes obtenues ont le même aspect que dans l'oxygène; seule la flamme houille-air est plus courte et plus épaisse.

Les températures de brillance observées dans le rouge sont :

Hauteur au-dessus de la base de la flamme (cm).........	2.	4.	6.	8.	10.
21 % O_2....................	1250	1275	1250	1190	–
40 »	1430	1390	1340	1340	1300
60 »	1570	1540	1455	1405	1340
80 »	1670	1650	1550	1450	1390

Les résultats obtenus avec l'air se recoupent avec ceux de Fuhrmann ([4]). Les mesures de température vraie, opérées comme précédemment ont donné :

Oxygène %............	21.	40.	60.	80.
t° C....................	1560	1610	1760	1950

([4]) *Z. phys. Chem.*, A, **169**, 1934, p. 388.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les grandeurs caractéristiques des mono-aza-anthracènes.* Note (*) de M. **Isaac Samuel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous exposons dans cette Note les résultats du calcul des différentes grandeurs caractérisant la réactivité chimique des mono-aza-anthracènes, et nous nous proposons de les discuter dans un travail ultérieur.

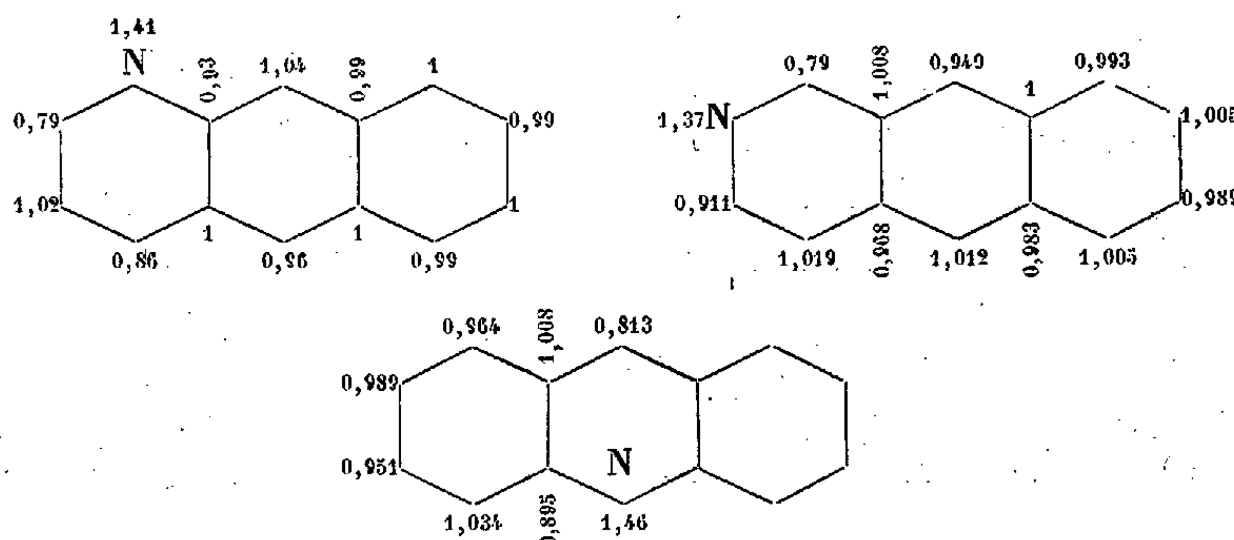
Nous avons appliqué la méthode des orbitales moléculaires (1) en donnant à l'intégrale coulombienne relative à l'azote (1) la valeur $\alpha_N = \beta$ et en négligeant les intégrales de recouvrement.

Les équations séculaires ont été calculées par la méthode des polygones (2) et résolues par les soins de MM. Rind et Maisonrouge.

1° *Niveaux d'énergie en unités* β :

1-Aza-anthracène.	2-Aza-anthracène.	Acridine.
2,517	2,473	2,571
2,128	2,158	2
1,570	1,640	1,685
1,414	1,414	1,414
1,142	1,117	1
1	1	1
0,495	0,453	0,609
—0,314	—0,357	—0,256
—0,859	—0,829	—1
—1	—1	—1
—1,348	—1,306	—1,258
—1,414	—1,414	—1,414
—1,945	—1,950	—2
—2,386	—2,400	—2,351

2° *Diagrammes des charges atomiques* (3) :



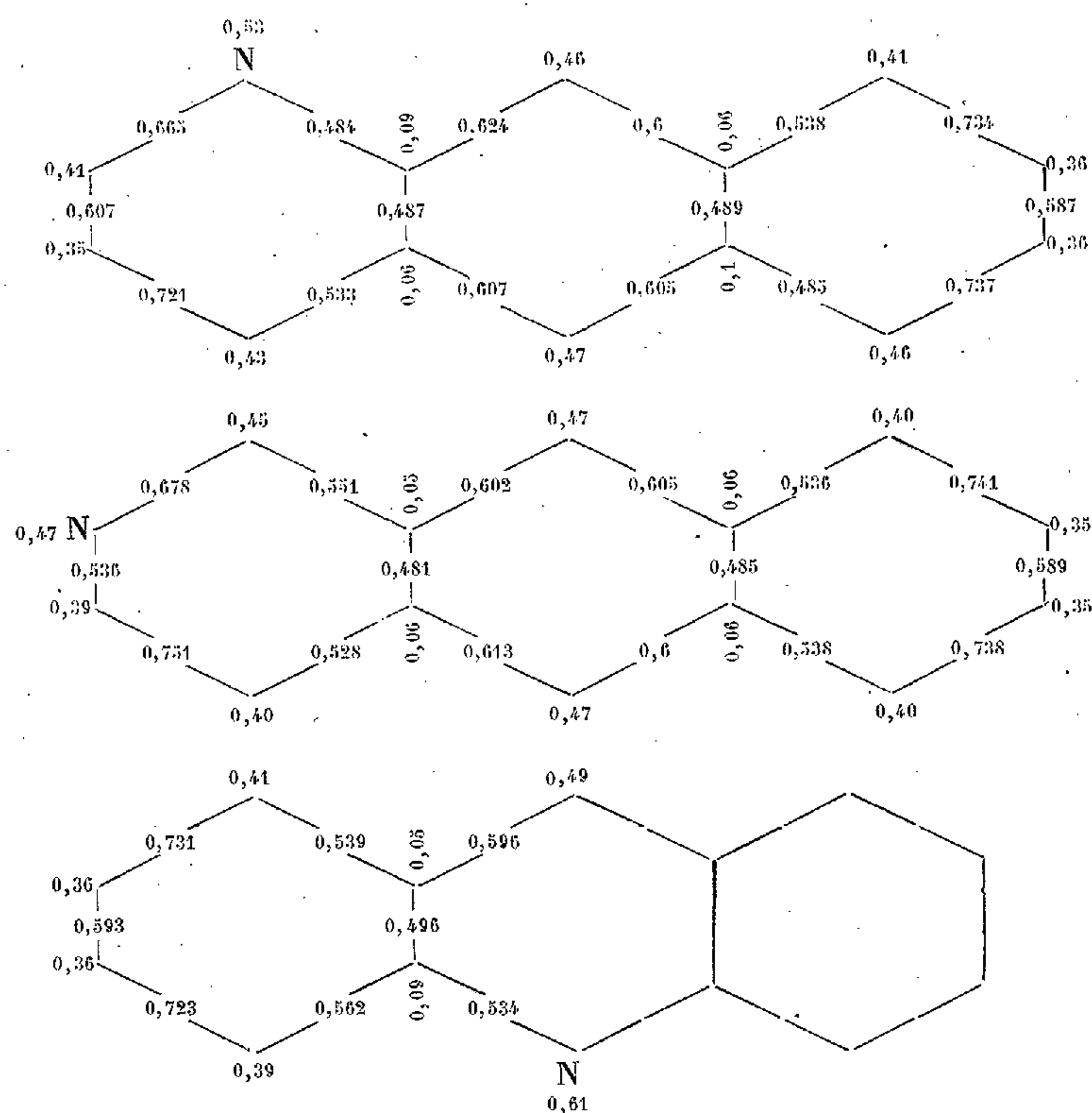
(*) Séance du 9 octobre 1950.

(1) *Voir* par exemple C. A. Coulson et H. C. Longuet Higgins, *Revue Scientifique*, 85, 1947, p. 929-637.

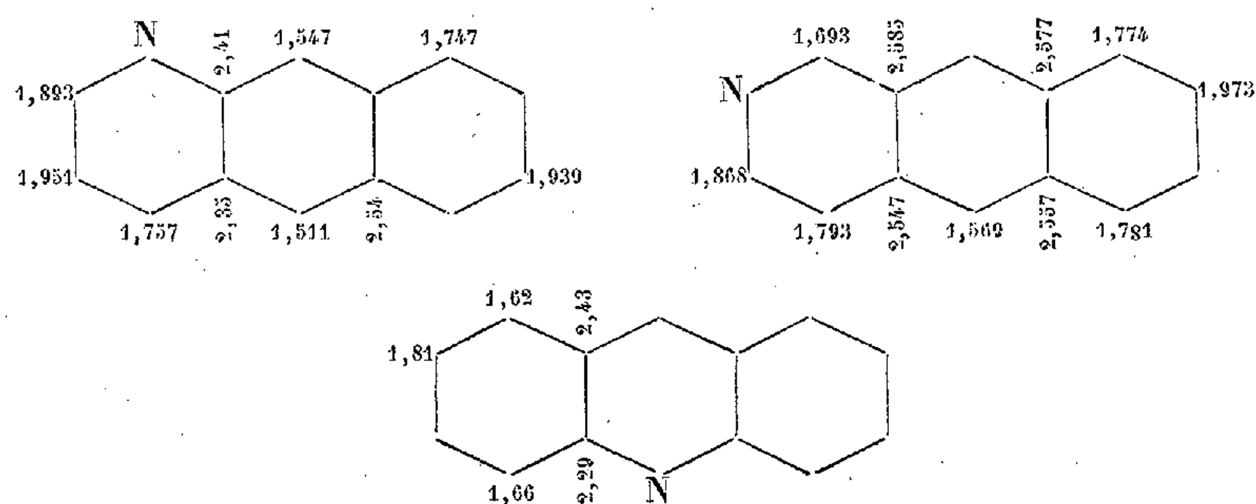
(2) Samuel, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1236-1237.

(3) Les valeurs sont similaires de celles évaluées par Coulson et Longuet Higgins par la méthode des autopolarisabilités (*J. Chem. Soc.*, 208, 1949, p. 971).

3° *Diagrammes des valences libres et des indices de liaison :*



4° *Diagrammes des barrières de potentiel radicalaires :*



CHIMIE THÉORIQUE. — *Calcul des indices de liaison et des indices de valence libre des αα et ββ dinaphtyles.* Note (*) de Mme **Andrée Bonnemay**, présentée par M. Louis de Broglie.

La réactivité chimique des différents dinaphtyles dépend très vraisemblablement de l'emplacement de la liaison médiane.

(*) Séance du 6 novembre 1950.

Dans le but d'étudier théoriquement cette question, on a calculé les indices de liaison et les indices de valence libre des αα et ββ dinaphtyles.

Le calcul des indices de liaison a été fait en utilisant la méthode des orbitales moléculaires. On a adopté la valenr 1,68 pour la constante N de la formule donnant la valence libre Fr d'un atome r,

$$Fr = N - \sum_s p_{rs}$$

(p_{rs} désignant les indices des liaisons aboutissant à l'atome r).

La figure 1 représente les résultats obtenus dans le cas de l'αα dinaphtyle et la figure 2 se rapporte au ββ dinaphtyle.

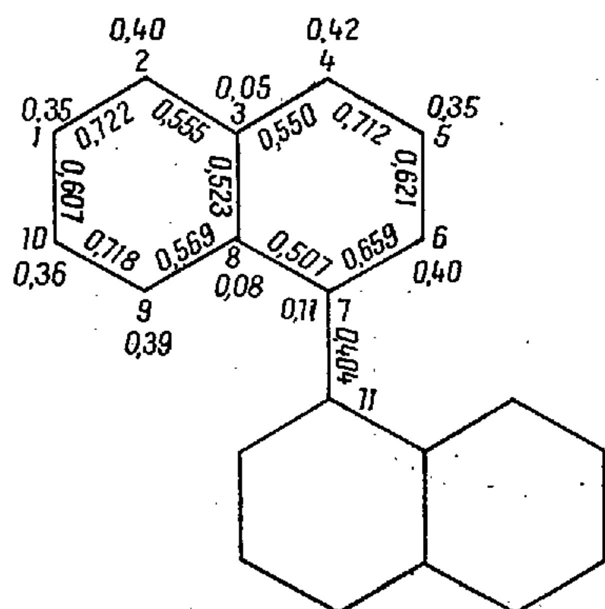


Fig. 1.

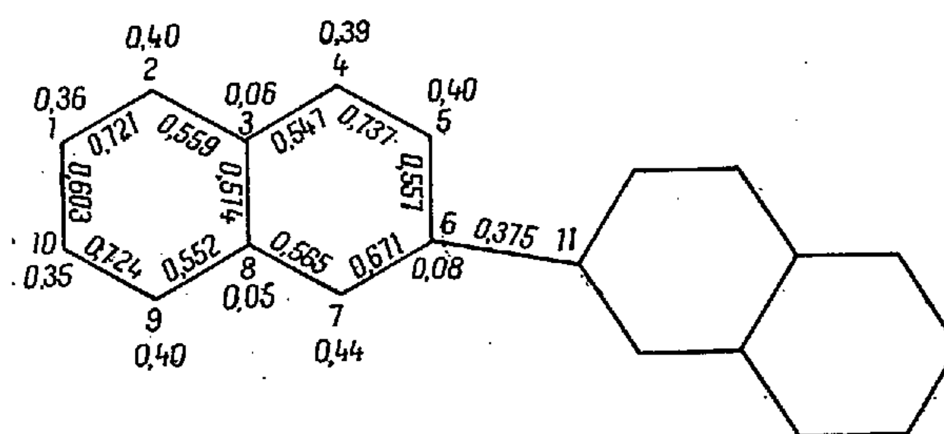


Fig. 2.

Fig. 1. — Indices de liaison et indices de valence libre du ββ dinaphtyle.

Fig. 2. — Indices de liaison et indices de valence libre de l'αα dinaphtyle.

On peut remarquer la valeur assez élevée de l'indice de la liaison 4.5 du ββ dinaphtyle, elle est supérieure à celle de l'indice de la liaison correspondante du naphtalène ([1]).

Ainsi qu'on pouvait s'y attendre les valences libres des cycles extérieurs se trouvent peu affectées par la position de la liaison médiane et restent assez voisines de celles du naphtalène. Par contre, si l'on considère les cycles centraux, le sommet 4 du αα dinaphtyle et surtout le sommet 7 du ββ dinaphtyle ont des valences libres assez fortes.

Les calculs des autopolarisabilités et des polarisabilités mutuelles qui sont en cours permettront d'avoir de nouvelles précisions sur ces corps et sur leurs dérivés hétéroatomiques et substitués.

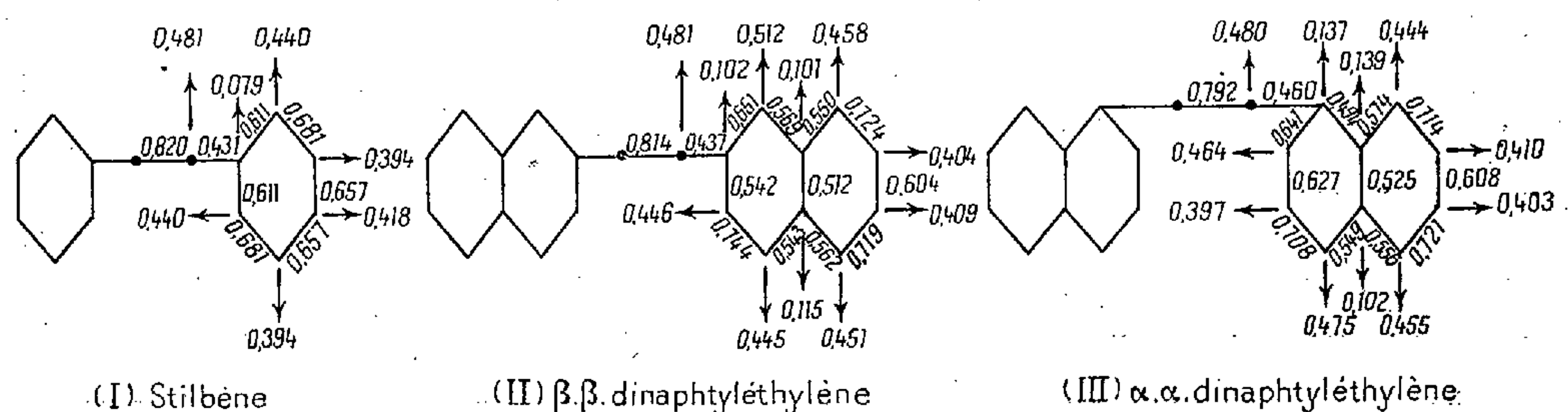
([1]) Les valeurs des indices de liaison des liaisons centrales concordent exactement avec celles obtenues par Coulson et Jacobs, *J. Chem. Soc.*, 1949, p. 2805.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la structure électronique du stilbène et des dinaphtyléthylènes.* Note (*) de M. **Gaston Berthier**, Mme **Hélène Berthod**, M. **Marcel Mayot** et Mme **Alberte Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les travaux récents de Badger [1] sur l'addition du tétraoxyde d'osmium aux dinaphtyléthylènes ont attiré l'attention sur le problème de l'évolution de la conjugaison dans les diaryléthylènes en fonction de la nature des groupes aryles et, lorsque ces groupes sont polycycliques, en fonction de leur mode de jonction à la double liaison centrale. Le tableau et la figure résument quelques résultats d'une étude théorique de ce problème par la méthode des orbitales moléculaires [2].

Énergies des orbitales moléculaires.

Composé...	Stilbène.		β.β-dinaphtyléthylène.		α.α-dinaphtyléthylène.	
	Orbitales liantes.	Orbitales antiliantes.	Orbitales liantes.	Orbitales antiliantes.	Orbitales liantes.	Orbitales antiliantes.
$\frac{E-\alpha}{\gamma}$...	S 0,4478	A −0,5771	S 0,3888	A −0,4826	S 0,3338	A −0,4007
	A 0,8000	S −1,3333	A 0,5596	S −0,7769	A 0,6073	S −0,8721
	S 0,8000	A −1,3333	S 0,6373	A −0,9352	S 0,8000	A −1,3333
	A 0,8965	S −1,6247	A 0,8474	S −1,4705	A 0,8000	S −1,3333
	S 1,0934	A −2,4121	S 0,9342	A −1,7531	S 0,8000	A −1,3333
	A 1,3615	S −4,2649	A 0,9907	S −1,9630	A 1,0215	S −2,0880
	S 1,4237	A −4,9411	S 1,0217	A −2,0886	S 1,0912	A −2,4012
	–	–	A 1,1924	S −2,9530	A 1,1696	S −2,8169
	–	–	S 1,2949	A −3,6730	S 1,2463	A −3,3069
	–	–	A 1,4993	S −5,5367	A 1,4742	S −5,6075
	–	–	S 1,4879	A −5,8111	S 1,5001	A −6,0023



(I) Stilbène (II) β.β. dinaphtyléthylène (III) α.α. dinaphtyléthylène

Diagrammes des indices de liaison et de valence libre ($N_{max} = \sqrt{3}$).

(*) Séance du 13 novembre 1950.

[1] *Nature*, **165**, 1950, p. 647.

[2] Le diagramme moléculaire du stilbène a déjà été publié (Buu-Hoi, C. A. Coulson, P. et R. Daudel, M. Martin, A. et B. Pullman, *Rev. Scient.*, **85**, 1947, p. 3284). Il est reproduit ici pour la comparaison avec ses homologues.

La diminution de l'énergie de la transition $N \rightarrow V$, dans l'ordre (I), (II), (III) fait prévoir l'existence d'un effet bathochrome parallèle sur la plus lointaine bande d'absorption. En se basant sur les résultats connus pour (I) ($\lambda_{max} = 320^{m\mu}$) et en adoptant la même valeur de γ_{spec} pour les singulets des trois composés, on trouve $\lambda_{max} = 380^{m\mu}$ pour (II) et $\lambda_{max} = 450^{m\mu}$ pour (III) ([3]). L'élévation de la plus haute orbitale occupée et l'abaissement de la plus basse orbitale libre dans l'ordre (I), (II), (III) laissent prévoir des diminutions parallèles des premiers potentiels d'ionisation et de réduction. A l'aide de la courbe étalon ([4]) on trouve que le potentiel de réduction de (II) doit être de 2,0 V et celui de (III) de 1,8 V.

L'indice de la *double* liaison centrale diminue et celui des liaisons *simples* extracycliques augmente dans l'ordre (I), (II), (III). Ce phénomène traduit l'augmentation parallèle de la participation des électrons mobiles de la liaison éthylénique à la résonance des noyaux aromatiques. Les variations d'indices sont toutefois faibles, et il est peu probable que les variations des distances qui leur correspondent puissent être décelées, par exemple aux rayons X. Cet état de choses augmente encore l'importance des travaux de Badger qui permettent de se rendre compte des valeurs relatives des indices de la liaison centrale par la détermination de la vitesse d'interaction de cette liaison avec le tétraoxyde d'osmium. Les résultats de cet auteur sont en parfait accord avec ceux de nos calculs.

Les résultats précédents se généralisent facilement grâce à la règle de B. Pullman ([5]) déterminant le pouvoir de conjugaison des résidus hydrocarbonés : ce pouvoir croît avec l'indice de valence libre et l'autopolarisabilité de l'atome qui subit la substitution.

Les phénomènes précités, qui dépendent de ce pouvoir, doivent croître dans le même ordre. On peut prévoir par exemple qu'à tout point de vue l'α.β-dinaphtyléthylène se placera entre les deux isomères symétriques; tel est effectivement le cas dans les réactions avec le tétraoxyde d'osmium. C'est d'ailleurs cette règle qui fut utilisée par Badger dans l'interprétation de ses expériences.

Les diagrammes précédents peuvent aussi servir pour la prévision des centres réactifs situés ailleurs que sur la double liaison. En ce qui concerne les

---

([3]) Ces données sont relatives aux isomères *trans*. Le *cis*-stilbène présentant un déplacement hypsochrome du λ_{max} de $15^{m\mu}$ par rapport à l'isomère *trans*, on peut prévoir un déplacement semblable, probablement plus grand, dans les naphtyléthylènes.

([4]) A. Maccoll, *Nature*, **163**, 1949, p. 178; A. Pullman, B. Pullman et G. Berthier, *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 591.

([5]) B. Pullman, *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1396; *Bull. Soc. Chim.*, **15**, 1948, p. 533.

noyaux naphtyles, ces centres doivent être les mêmes que dans les naphtalènes substitués d'une façon analogue, c'est-à-dire les carbones 1 et 1' dans (II) et les carbones 2.2', 4.4' dans (III) ([6]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Rôle du facteur stérique en chromatographie. Cas du couple menthol-néomenthol sur différents adsorbants.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Bernard Gastambide**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le couple d'isomères menthol-néomenthol a été chromatographié sur divers adsorbants : charbon actif, gel de silice, argile activée. Dans les trois cas le néomenthol, isomère le plus encombré, s'élue le premier. On retrouve ici le rôle du facteur stérique, déjà constaté sur alumine pour des isomères variés : alcools, cétones, amines.

Il a été montré précédemment que si l'on soumet à la chromatographie sur alumine un mélange d'isomères, l'isomère qui présente le plus grand encombrement au voisinage de la fonction est celui qui est le moins fortement adsorbé. Ceci a été établi sur des alcools : menthol et néomenthol, bornéol et isobornéol ([1]); sur des cétones : acétophénone et pseudobutylphénylcétone, camphre et fenchone, sur les oximes de ces dernières ([2]); sur les amines : bornyl- et isobornylamines, menthyl- et néomenthylamines ainsi que sur leurs dérivés formylés et acétylés ([3]).

Nous avons voulu vérifier si l'on retrouvait cette influence de la structure avec d'autres adsorbants que l'alumine, adsorbants que nous avons choisis aussi différents que possible : charbon, gel de silice, argile activée aux acides.

Technique employée. — La force d'élution des solvants usuels n'étant pas connue de façon aussi précise pour ces adsorbants que pour l'alumine, nous avons fait appel à la chromatographie *par déplacement*.

On construit la colonne (diamètre $3^{cm},25$) en introduisant l'adsorbant, 100^{g}, dans l'éther de pétrole, É 35-60°, puis on laisse écouler celui-ci tandis qu'il est remplacé progressivement par une solution du mélange d'alcools faite dans ce même solvant. On recueille des fractions successives à partir du moment où apparaissent les alcools, ce que l'on voit par évaporation de quelques gouttes de la solution.

Les adsorbants employés sont des produits C. E. C. A. pour chromatographie. Ils sont portés à 110° pendant 48 heures, juste avant l'expérience.

([6]) Pendant que ce travail était en préparation, M. Coulson a publié dans une courte Note parue dans le *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 2252, les résultats d'un calcul approché des indices de la liaison centrale dans les naphtyléthylènes.

([1]) G. Vavon et B. Gastambide, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1201.

([2]) G. Vavon et B. Gastambide, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1236.

([3]) G. Vavon et G. Medynski, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 665.

Le menthol est le produit naturel — 51°,8 ([1]). Le néomenthol est obtenu par hydrogénation au platine de la menthone — 26°,2; son pouvoir rotatoire est de + 15°,4 au lieu de + 21°,6 pour l'isomère pur, ce qui est dû à la formation d'un peu de menthol dans l'hydrogénation.

Le mélange employé — 14°,8 (5^g,5 du néomenthol ci-dessus et 4^g,5 de menthol) contient donc les deux isomères à parties sensiblement égales.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus :

Adsorbant.	Fraction.	Volume solvant (cm³).	Masse substance (g).	[α].
Charbon..........	1	1100	0	—
»	2	100	0,75	+ 19°,8
»	3	100	0,80	+ 14,0
»	4	300	2,70	— 12,4
Gel de silice.......	1	1400	0	—
»	2	200	0,45	+ 11,6
»	3	100	0,50	+ 5,6
»	4	200	1,55	+ 1,4
»	5	300	1,95	— 0,6
»	6	300	2,80	— 6,6
»	7	300	2,77	— 5,6
»	8	200	1,85	— 10,6
Argile activée......	1	1100	0,23	0
»	2	200	0,70	+ 12,2
»	3	100	0,75	+ 18,6
»	4	300	2,40	+ 16,0
»	5	200	1,95	— 0,6
»	6	200	1,25	— 19,4
»	7	300	2,66	— 18,8

Dans les trois cas c'est le néomenthol qui s'élue le premier. On retrouve ici le résultat obtenu sur alumine. Ces adsorbants sont excellents puisque 100^g de chacun d'eux peuvent retenir environ 10^g de substance.

Le charbon donne les fractions *les plus riches* en néomenthol, mais il est surpassé par le gel de silice si l'on considère la *quantité* de menthol adsorbée d'une façon préférentielle. Quant à l'argile activée, elle a probablement décomposé légèrement le néomenthol : apparition de colorations violettes et jaunes sur la colonne et d'une odeur fortement terpénique dans les deux premières fractions. Cette décomposition expliquerait d'ailleurs la légère augmentation de pouvoir rotatoire des dernières fractions par rapport au mélange primitif.

Notons encore quelques essais faits sur le sulfate de calcium précipité; ils n'ont donné que des adsorptions et des séparations très faibles; ainsi avec

---

([1]) Les pouvoirs rotatoires sont pris à la concentration de 0,05 dans l'alcool pour la raie 578 du mercure.

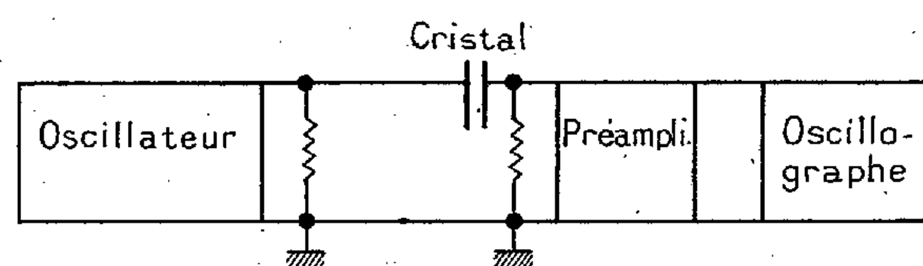
270g de sulfate, les trois premières fractions de 100$^{cm^3}$ sont de — 10°,4, — 14°,8, — 14°,8. Cependant, ici encore, la séparation se produit dans le même sens que précédemment.

En résumé, dans tous les cas étudiés jusqu'ici, le facteur stérique joue un rôle : *l'isomère le plus adsorbé est celui dont la fonction est la moins encombrée.*

CRISTALLOGRAPHIE. — *Détermination des compliances élastiques de l'arséniate d'ammonium.* Note (*) de MM. **André Lutz, Jean Chapelle** et Mlle **Noelle Delannoy**, présentée par M. Jean Cabannes.

I. *Principe de la mesure.* — L'arséniate d'ammonium est un corps de symétrie quaternaire, isomorphe du phosphate d'ammonium. Ce corps étant piézo-électrique, nous avons utilisé le montage ci-contre, dit *résonance-série*, qui permet de mettre en évidence les fréquences de résonance de plaques convenablement orientées.

Les notations utilisées, et le principe des méthodes employées, sont exposés dans le livre de Mason : *Piezoelectric crystals and their application to ultrasonics*, 1949.



Montage résonance série : une fréquence de résonance a pour effet de rendre maxima la tension aux bornes de l'oscillographe.

Pour des lames vibrant en longueur, nous avons constaté que les partiels présentent un écart considérable avec les harmoniques de la fréquence fondamentale. Généralisant une formule établie par Lord Rayleigh sur les corps isotropes, nous avons admis que les fréquences expérimentales sont données par une expression du type

$$p_n = \frac{nf}{1 + n^2 A}.$$

p_n, partiel d'ordre n expérimentalement observé;

f, fréquence fondamentale;

A, terme correctif.

Ceci nous a permis d'obtenir une fréquence fondamentale corrigée; c'est elle que nous indiquons par la suite.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

II. — *Résultats à* 25 °C.

a. Coupes X.

	Longueur des lames (mm).	Fréquence fondamentale (cycles/sec).	Compliance élastique correspondante.
X 22°5	11,20	170 100	$2,96.10^{-12}$
X 45°	9,05	168 200	$4,65.10^{-12}$
X 67°5	11,19	132 700	$4,92.10^{-12}$

Expérimentalement, il serait également nécessaire d'étudier une lame X 0°. L'un de nous a montré [1] que dans les cristaux du type phosphate d'ammonium existe la relation $S_{13}/S_{33} = -1/4(C^2/a^2)$, a et c étant les paramètres de la maille. Ici, elle se réduit $(a \sim c)$ à $S_{13}/S_{33} = -1/4$.

On aboutit alors aux valeurs suivantes des compliances élastiques :

$$S^E_{11} = 1,68.10^{-12}, \quad S^E_{33} = 4,45.10^{-12}, \quad S^E_{13} = -1,11.10^{-12}, \quad S^E_{44} = 15,29.10^{-12}.$$

b. Coupes Z.

	Longueur des lames (mm).	Fréquence fondamentale (cycles/sec).	Compliance élastique correspondante.
Z (45°)	9,69	150 600	$4,81.10^{-12}$
Z (22°,5)	10,99	165 900	$3,25.10^{-12}$

Z (0°) : il est nécessaire de faire intervenir la largeur réduite d de la lame [telle que $(1/d) = \sqrt{(1/L^2) + (1/l^2)}$, où L = longueur de la lame, l = largeur de la lame].

Fréquences f observées (cycles/sec.).	Largeur réduite d (mm).	Produit $f_{k_c} \times d_{mm}$.
492,3	1,86	915
502,5		935
353,8	2,76	975
354,7		980
346	2,78	960
218,3	4,27	934
223,4		955
217,9	4,15	905
207,4	4,72	976
Valeur moyenne		$f_{k_c} \times d_{mm} = 948 \pm 23$

On obtient ainsi :

$$S^E_{11} = 1,69.10^{-12}, \quad S^E_{12} = 1,73.10^{-12}, \quad S^E_{66} = 12,4.10^{-12}.$$

Résumé des résultats obtenus :

$S^E_{11} = (1,69 \pm 0,03).10^{-12}$ $\qquad$ $S^E_{33} = (4,45 \pm 0,04).10^{-12}$

$S^E_{12} = (1,73 \pm 0,15).10^{-12}$ $\qquad$ $S^E_{44} = (15,29 \pm 0,2).10^{-12}$

$S^E_{13} = (1,11 \pm 0,01).10^{-12}$ $\qquad$ $S^E_{66} = (12,4 \pm 0,05).10^{-12}$

---

[1] J. CHAPELLE, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 755.

III. *Influence de la température.* — Le coefficient de température d'une coupe Z ne s'annule pas dans le domaine permis d'expérimentation comme l'indique le tableau ci-dessous

Température (° C).	Fréquence fondamentale observée (cycles/sec).	Température (° C).	Fréquence fondamentale observée (cycles/sec).
64	216 390	— 5	222 920
52	217 332	—15	223 650
41	218 426	—24	224 375
31	219 190	—32	224 750
23	219 920	—40	225 125
14	220 600	—42	Rupture du cristal
5,5	221 345		

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de scheelite dans le Massif du Tichka (Haut-Atlas, Maroc).* Note de M. **François Permingeat**, M. **Henri** et Mme **Geneviève Termier**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Dans la partie Sud-Ouest du massif granito-dioritique du Tichka ([1]), la zone de Tizi Ougni-Tagmout renferme plusieurs bandes de calcaires cambriens enclavées dans le granite et transformées en roches métamorphiques variées, parmi lesquelles des grenatites et des skarn minéralisés en molybdénite.

Les granites hercyniens du Maroc présentent généralement une minéralisation comportant du tungstène. La présence de calcaires métamorphiques au contact du granite hercynien du Tichka, et la paragénèse de leur minéralisation connue nous a naturellement conduits à rechercher la scheelite. Cette hypothèse a été confirmée.

Un échantillon de cipolin blanc à pyroxène et grenat, riche en pyrite, recueilli en 1950 à Isk Imoula (par François Permingeat), nous a montré de nombreux grains de scheelite atteignant 2mm, qui produisent dans la lumière de Wood (ultra-violet à 2537 U. A.) une vive fluorescence d'un blanc bleuté (et non pas d'un bleu pur, sans doute à cause d'une faible teneur en Mo). A la lampe, ces cristaux offrent un éclat gras, faiblement jaunâtre et des clivages bien moins nets que ceux de la calcite. Au microscope on voit qu'ils sont uniaxes positifs et qu'ils ont une biréfringence modérée, mais une réfringence élevée ($np > 1{,}81$). Un essai au chalumeau, effectué par M. le Chanoine Gaudefroy, a donné une perle au sel de phosphore brun caramel à froid, indiquant

(1) H. et Mme G. Termier, *C. R. Som. S. G. Fr.*, 1945, p. 35-36, 45-46, 65-66, 81-82; puis *Comptes rendus*, 223, 1945, p. 91-93 et 580-582.

la présence simultanée du tungstène et du fer (les grains utilisés étant souillés par un peu de gangue et de pyrite). Un essai chimique, par HCl concentré + Zn, sur les cristaux les a colorés en bleu; un essai par HCl concentré + Zn + PO_4H_3, sur la poudre a également coloré la solution en bleu. La présence du molybdène dans les grains a été décelée qualitativement par M. Coisset, grâce au xanthate.

Un essai spectrographique a été opéré, avec électrodes en graphite, de la manière suivante : un spectre d'arc de poudre de grains très riches en scheelite encadrant un spectre de poudre de scheelite pure du Zguit (région d'Oulmès) servant de témoin. Le spectre de la matière examinée contient toutes les raies de la scheelite du Zguit mais avec, en outre, celles de plusieurs autres éléments (Al, Fe, Si en particulier). Voici les raies mesurées dans les spectres des cristaux d'Isk Imoula :

1° Raies ultimes de W : 3215,6, 4008,8 et 4302,1.

2° Autres raies de W : 2397,1, 2488,8, 2569,3, 2658,0, 2679,6, 2764,3 2831,4, 2896,0, 2896,4, 2947,0, 2947,4 et 4294,6.

3° Nombreuses raies de Mo.

Nous n'avons pas vu de molybdénite dans l'échantillon utilisé, mais peut-être y existe-t-elle en très petits grains; aussi ne pouvons-nous affirmer que le Mo décelé par ses raies provient uniquement de la scheelite.

Conclusion. — La minéralisation du massif du Tichka comporte non seulement (¹) de la pyrrhotine, de la molybdénite, du mispickel aurifère, des cuivres gris, de la chalcopyrite, de la blende, de la galène et de l'oligiste, mais encore de la scheelite. La présence du tungstène à Isk Imoula permet d'espérer que celui-ci sera découvert en d'autres gîtes liés au granite du Tichka, soit sous forme de scheelite en de semblables paragénèses, soit, peut-être aussi, sous forme de Wolframite dans des filons comparables à ceux d'Oulmès.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Observations sur les Coccolithophoridés, à propos d'un nouveau type de Braarudosphæridé,* Micrantholithus, *à éléments clastiques.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les pentalithes étoilés de *Micrantholithus* abondent, en segments séparés, dans une marne lutétienne. L'importance acquise par les Braarudosphæridés fossiles incite à scinder les Coccolithophoridés en deux groupes basés sur la structure ultramicroscopique des éléments calcaires : *Heliolithæ* (aspect sphérolithique) et *Ortholithæ* (aspect cristallin).

En créant la famille des *Braarudosphæridæ* [1], j'ai attiré l'attention sur un caractère fondamental éloignant radicalement des coccolithes *sensu stricto*, les

(¹) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 439-441.

éléments pentagonaux de la coque dodécaédrique du genre type *Braarudosphæra* Delf. Ces éléments, auxquels je donne le nom de *pentalithes*, comportent cinq plaquettes semblables, assimilables chacune à un seul cristal de calcite. Les pentalithes des *Braarudosphæra Bigelowi* actuels sont doués d'une cohésion telle que leurs cinq segments n'avaient pas encore été vus séparés.

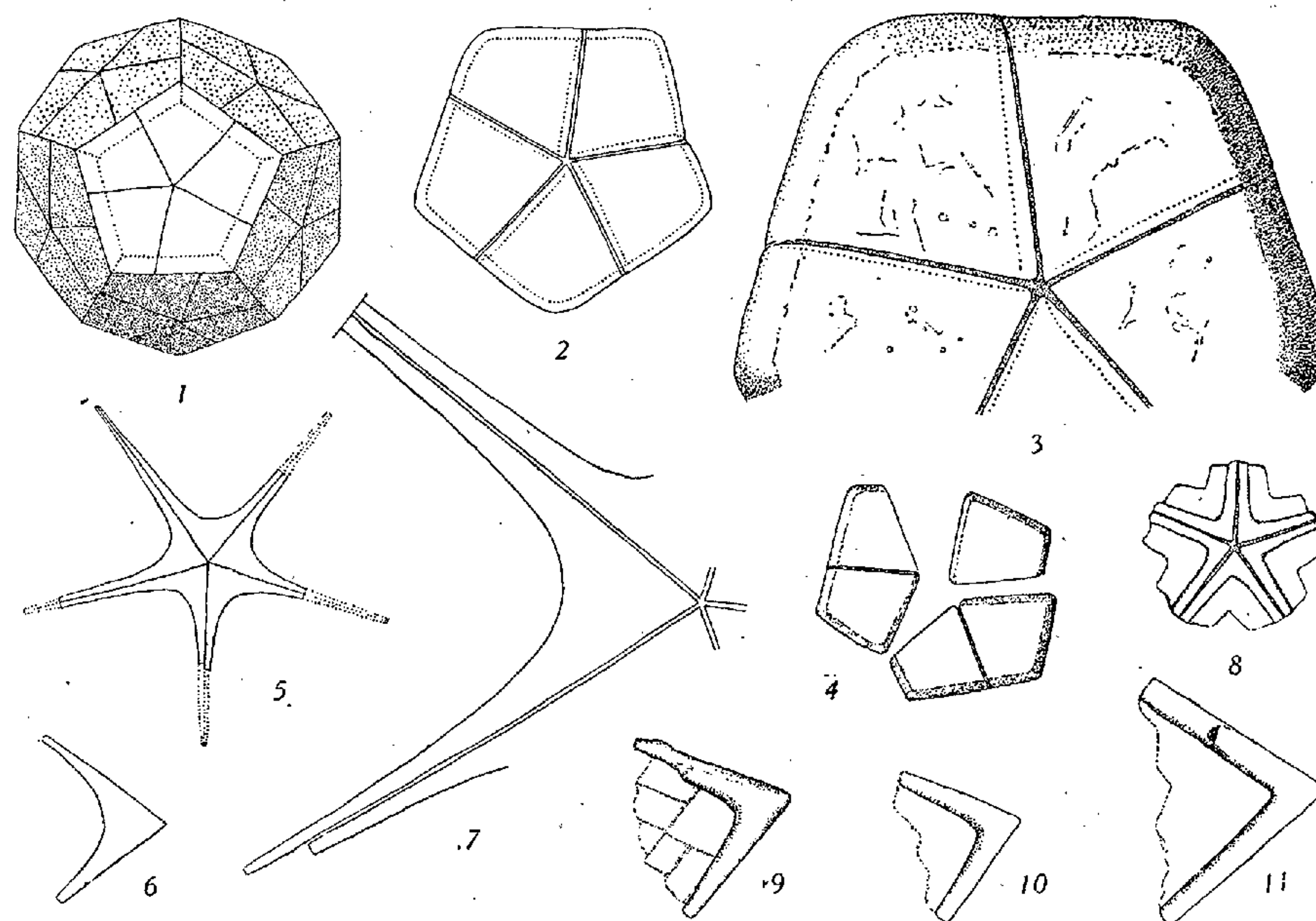


Fig. 1 à 11. — 1 à 4, *Braarudosphæra Bigelowi* (Gran et Braarud) Defl. 1, coque entière en vue superficielle : en pointillé, la face interne et les arêtes du pentalithe médian; 2, pentalithe isolé, vu par la face externe; 3 et 4, vus par la face interne, un très grand pentalithe (dessiné en partie) et un petit pentalithe disloqué. 5 à 7, *Micrantholithus vesper* n. g. n. sp. 5, pentalithe entier; 6, segmen. isolé d'un petit pentalithe; 7, partie d'un grand pentalithe. 8 à 11, *Micrantholithus flos* n. spt 8, petit pentalithe; 9 à 11, segments isolés de pentalithes de plusieurs tailles. Lutétien de Donzacq, Landes (Coll. J. Cuvillier et L. Debourle), Gross. 2250, sauf figure 5, gross. 1100.

J'ai trouvé *la même espèce* dans une marne lutétienne (²) des Landes (Donzacq), avec des variations de taille non encore observées : un pentalithe isolé (*fig.* 3) peut être plus grand qu'une coque entière (*fig.* 1). La grande majorité des pentalithes sont intacts : exceptionnellement, des fragments ou des spécimens disloqués (*fig.* 4) démontrent l'individualité des segments, dont la forme est compliquée par une nette obliquité de leurs faces adjacentes (³).

(²) L'ancienneté de *B. Bigelowi* remonte d'ailleurs au moins au Danien : ses pentalithes ont été vus et dessinés par J. de Lapparent dans des calcaires à Globigérines de Fontarabie et d'Hendaye (*Bull. Soc. géol. de Fr.*, 1924, p. 618, *fig.* 2), mais leur nature lui était restée énigmatique.

(³) Les plans de séparation de ces segments ne sont donc pas perpendiculaires à la face externe du pentalithe. Mais, même dans le cas propice du spécimen de la figure 4, il n'a pas été possible de déceler les moindres traces d'une pellicule interne de calcite, à la présence de laquelle eût pu être attribuée la rigidité habituelle de chaque pentalithe.

Dans le même matériel abondent des corpuscules triangulaires (*fig.* 6 et 9 à 11), provenant de la dislocation de pentalithes étoilés, lesquels, tout en n'étant pas rares, sont beaucoup moins fréquents que leurs segments isolés. Pour ce nouveau type de *Braarudosphæridæ* à éléments clastiques, je crée le genre *Micrantholithus* n. g., dans lequel je distingue présentement deux espèces : *M. flos* n. sp. (génotype) et *M. vesper* n. sp. En lumière polarisée, les pentalithes de *Micrantholithus* se comportent exactement comme ceux de *Braarudosphæra*. Dans certains cas favorables (*fig.* 9), des traces de la structure cristalline sont rendues perceptibles, apparemment grâce à une corrosion partielle. Bien que n'ayant pas encore vu de coques entières de *Micrantholithus*, je présume que celles-ci sont également dodécaédriques.

La fréquence locale et l'ancienneté des Braarudosphæridés fossiles accroissent considérablement l'intérêt propre de cette famille. On est alors amené à envisager une division fondamentale des Coccolithophoridés en deux groupes basés essentiellement sur la structure ultramicroscopique des éléments calcaires.

1° *Heliolithæ*, à structure d'apparence sphérolithique, due à l'orientation radiale des particules calcaires élémentaires ([4]), caractéristique des véritables coccolithes, quelle que soit leur forme; rentrent dans ce groupe les familles des *Syracosphæridæ* et des *Coccolithidæ;*

2° *Ortholithæ*, à structure d'apparence cristalline, les particules calcaires étant toutes parallèles ([5]) et l'élément se comportant, quelle que soit sa forme, comme s'il était taillé dans un cristal unique de calcite : c'est le cas des segments de pentalithes des *Braarudosphæridæ*, des plaquettes quadrangulaires des *Calciosolenidæ*, des éléments polygonaux du genre *Thoracosphæra* Kpt. et, vraisemblablement, des *Discoasteridæ*, dont la position systématique reste toutefois encore indécise. Seule, la famille des *Halopappidæ*, à coque monobloc, dont la genèse et l'origine phylétique sont insuffisamment éclaircies, doit être laissée, pour le moment, hors de ces deux groupes naturels.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques hybrides réalisés entre espèces tétraploïdes d'*Iris. I. *Hybrides de la section* Pogoniris. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons déjà fait connaître ([1]) que quelques hybrides *Pogoregelia* (× *Autosyndetica* et × *Leichmac*) et *Pogocyclus* (× *Ibmac*) avaient une méiose

([4]) *Cf.* Kamptner, *Œster. Akad. Wiss. Anz.*, 1950, n° 7, p. 152-158.

([5]) Suivant les cas, elles seraient dirigées parallèlement ou perpendiculairement à la surface principale de l'élément.

([1]) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 69, 1935, p. 178-212.

normale par suite d'une conjugaison autosyndétique des chromosomes des espèces parentes : *I. Hoogiana*, *Leichtlini* (section *Regelia*), *macrantha* (section *Pogoniris* grands) et *iberica* (section *Oncocyclus*) qui sont, soit des espèces autotétraploïdes ou considérées comme telles (des éléments polyvalents existent à la méiose), soit de contribution tétraploïde après duplicature chromosomique (*iberica*).

Mais il existe chez les *Pogoniris* d'autres espèces que l'*I. macrantha* ($n = 24$) qui se présentent de la même façon : ce sont : d'une part, les *I. pumila* ($n = 16$) et *balkana* ($n = 24$) chez les espèces naines et, d'autre part, les *I. aphylla* et *trojana* ($n = 24$) chez les espèces élevées. L'*I. pumila* est tétraploïde de l'*I. attica* ($n = 8$) et, chez l'*I. balkana*, il existe des formes diploïdes et tétraploïdes ($n = 12$ et 24). A la méiose de ces espèces il y a également quelques éléments polyvalents.

Nous avons déjà signalé l'existence [2] de l'hybride *I. pumila* × *macrantha* (× *Pumilmac*) à $2n = 40$. Depuis nous avons pu unir l'*I. trojana* à l'*I. aphylla* (× *Trojaphylla*), l'*I. macrantha* aux *I. balkana* (× *Malkana*) et *aphylla* (× *Macaphylla*), puis intercroiser ces deux derniers (× *Aphylkana*); tous sont à $2n = 48$. En outre, les combinaisons inverses existent.

La méiose de ces hybrides se présente à la métaphase hétérotypique de la façon suivante :

Pour l'*I.* × *Pumilmac*, $n = 20$ existe dans plus de la moitié des cellules-mères de grains de pollen examinées (19 sur 30); dans les autres cellules, à côté des bivalents il y a des univalents (2-8) ou des trivalents (1-2) et des univalents (3-6); soit, en moyenne, par cellule, 1,2 univalents, 19,2 bivalents et 0,1 trivalents; c'est-à-dire 38,7 éléments conjugués pour 19,3 configurations chromosomiques.

Pour l'*I.* × *Malkana*, $n = 24$ est observé dans la moitié des cellules examinées (17 sur 35); dans les autres cellules, outre des univalents en nombre pourtant moins élevé (2-4) et des trivalents (1-2), il existe dans un certain nombre de cellules (11) un tétravalent diversement associé aux formations bivalentes, trivalentes et univalentes. En moyenne, par cellule, il y a : 0,4 univalents, 22,8 bivalents, 0,1 trivalents et 0,4 tétravalents, c'est-à-dire 47,5 éléments conjugués pour 23,3 configurations chromosomiques. Un comportement à peu près analogue a été observé chez les *I.* × *Macaphylla*, × *Aphylkana* et × *Trojaphylla*.

D'une manière générale on peut considérer que la méiose de tous ces hybrides est à peu près normale. Le pollen à maturité renferme jusqu'à 90 % de grains bien conformés chez l'*I.* × *Pumilmac* et jusqu'à 99 % pour les quatre autres combinaisons hybrides. La fertilité de ces cinq hybrides est très haute, de nombreuses graines sont formées dans chaque fruit. La F2 est à peu près

---

(2) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1094-1096.

homogène, assez semblable à la F1, pratiquement sans disjonction, sauf parfois quelques plantes à inflorescences plus ou moins élevées, plus ou moins ramifiées, à fleurs plus ou moins teintées que celles d'autres descendants.

Ce comportement génétique peut expliquer la conjugaison méiotique observée, conjugaison qui pourrait être autosyndétique ou allo-autosyndétique. L'absence presque totale de disjonction en F2 suggère une forte prédominance de conjugaison autosyndétique, la presque totalité des chromosomes de chacune des espèces en présence chez l'hybride s'appariant *inter se*. En 1936 (*loc. cit.*) nous avions déjà envisagé une pareille éventualité, d'ailleurs reprise récemment par F. Randolph ([4]). Mais la présence de quelques tétravalents et trivalents (et par suite d'univalents) à la F1 suggère aussi que quelques rares chromosomes doivent vraisemblablement s'unir par allosyndèse, ce qui expliquerait quelques-unes des rares anomalies de la F2, comme la présence d'univalents pourrait expliquer d'autres irrégularités possibles, telle la polysomie, à la suite de la formation et de l'union de gamètes irréguliers.

Les quelques irrégularités méiotiques décelées dans les hybrides étudiés ci-dessus proviennent sans doute de ce que les génômes en compétition ne sont pas encore assez différenciés (d'origine récente) les uns des autres pour éviter l'allosyndèse de quelques chromosomes ou parties de chromosomes homologues présents dans les espèces parentes; espèces qui, dans le cas actuel, appartiennent toutes à une même section botanique (*Pogoniris*), alors que les cas d'autosyndèse totale rappelés au début de cette Note avaient tous été observés chez des hybrides effectués entre espèces appartenant à des sections différentes.

Réalisés entre plantes ayant une réelle valeur horticole (l'*I. pumila* est en particulier très précoce), les nouveaux hybrides obtenus sont remarquables à bien des points de vue. Leur stabilité chromosomique, la formation de gamètes composés de deux génômes différents, tout comme des amphidiploïdes qu'ils sont, leur grande fertilité, font d'eux des géniteurs de première qualité susceptibles d'apporter chez les grands *Pogoniris* des jardins des groupes de caractères entièrement inédits.

PHYSIOLOGIE. — *L'effort statique pulmonaire.*

Note (*) de M. **Jean-François Joliet**, transmise par M. Léon Binet.

Dans une Note précédente nous avons décrit un appareil pratique qui permet de mesurer l'effort statique pulmonaire

$$E = p_m t,$$

([4]) *Amer. I. Soc.*, 118, 1950, p. 64-68.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

où p_m représente la pression moyenne exercée par le sujet pendant la durée t de l'épreuve.

L'emploi de cet appareil nous a conduit à des conclusions qui nous paraissent devoir retenir l'attention.

1° Quand on soumet un sujet à différentes épreuves au cours desquelles il exerce des pressions moyennes $p_1, p_2, \ldots, p_n$ pendant les temps maxima $t_1, t_2, \ldots, t_n$, l'intégrale $E = \int_0^t p\,dt = p_m t$, c'est-à-dire l'effort statique pulmonaire passe par un maximum E_m auquel correspond une pression p_e que nous appellerons pression efficace (premier tableau ci-dessous, *fig.* 1).

t (*).	E (**).	p_m (***).	t (*).	E (**).	p_m (***).
20...........	180	9	44.........	167	3,8
27...........	216	8	55...........	145	2,6
31...........	180	5,8	75...........	105	1,4

(*) t, durée de l'épreuve; (**) E, effort statique; (***) p_m pression moyenne au cours de l'épreuve.

Il est nécessaire que les sujets soumis aux épreuves se placent dans les mêmes conditions initiales (inspiration forcée) et finales (maintenir l'effort le plus longtemps possible).

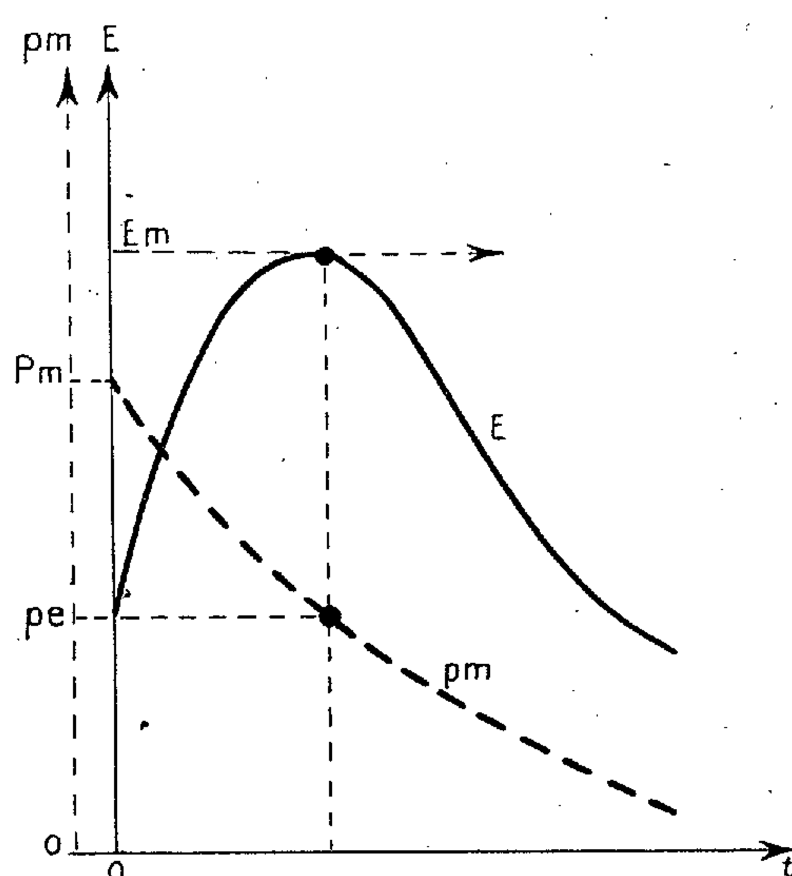


Fig. 1.

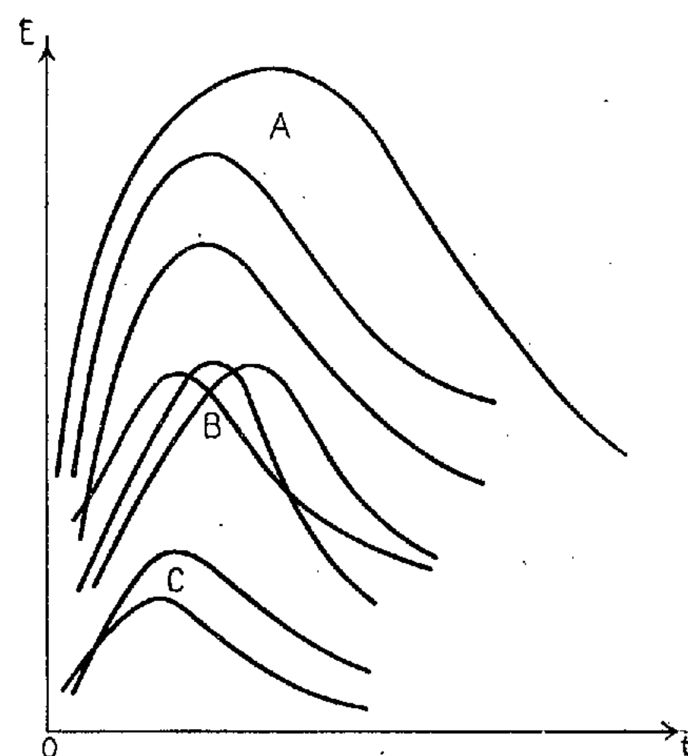


Fig. 2.

Fig. 1. — *Trait plein :* Variations de E avec *t*. *Pointillé :* Pressions moyennes.

Fig. 2. — *Groupe A :* Sujets robustes, entraînés, pratiquant des sports violents et pénibles. *Groupe B :* Sujets moyens qui ont une vie sédentaire et qui font peu d'exercices physiques. *Groupe C :* Sujets malades, cardiaques ou tuberculeux.

L'étude précédente a été répétée avec une dizaine de sujets. Comme le montre le deuxième tableau, il semble qu'il existe un rapport constant voisin de 0,4, entre la pression efficace p_e et la pression maxima P_m qui peut être exercée.

Sujets.	p_e.	P_m.	$\frac{p_e}{P_m}$.	Sujets.	p_e.	P_m.	$\frac{p_e}{P_m}$.
F_1........	56	122	0,46	H_4........	74	170	0,43
F_2........	36	86	0,42	H_5........	74	170	0,43
H_1........	56	140	0,40	H_6........	84	190	0,44
H_2........	46	114	0,40	H_7........	70	160	0,44
H_3........	62	170	0,37	H_8........	72	162	0,44

2° Comme le montrent les courbes de la figure 2, les variations et l'amplitude de l'effort varient considérablement avec les sujets.

Enfin, nous avons constaté que toute déficience physique chez un sujet (fatigue, maladie) se traduit par un véritable affaissement de la courbe construite quand il se trouvait dans un état normal.

CYTOLOGIE. — *Structure et particularités histochimiques du nucléole des ovocytes de Mollusques Prosobranches.* Note de M. **André Franc**, présentée par M. Louis Fage.

Au cours de travaux effectués au Laboratoire maritime de Dinard sur l'ovogenèse d'une dizaine de Mollusques Prosobranches, nous avons pu constater que le nucléole des ovocytes offrait dans sa structure et son évolution une grande diversité et qu'il pouvait présenter certaines particularités histochimiques. M. Gabe, M. Prenant (1), M. L. Arvy (2) ont apporté récemment sur ce sujet des données précieuses pour les groupes des Polyplacophores, des Scaphopodes et des Pulmonés.

En 1943, nous avons (3) figuré et décrit les nucléoles des ovocytes de *Pisania maculosa* Lam. qui sont constitués par trois vésicules sphériques emboîtées, en contact en un point et contenant un grand nombre de granulations osmiophiles, réfringentes, réparties entre les deux sphères les plus externes.

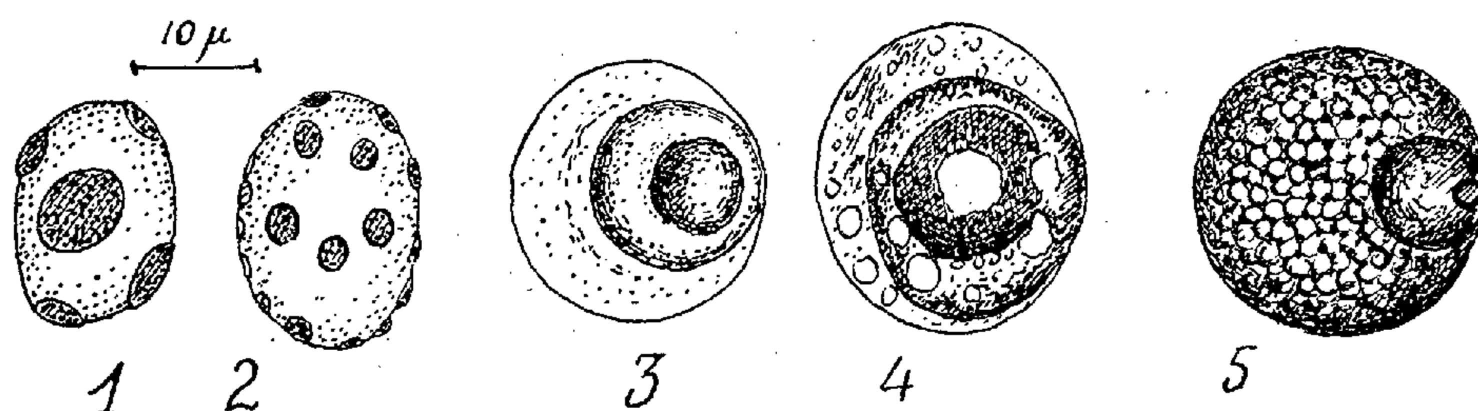
Des observations récentes nous ont montré que les nucléoles les plus âgés offraient, par suite du nombre important de ces petits corpuscules sphériques, l'aspect des yeux composés des Insectes (*fig.* 5).

Chez *Fissurella mamillata* Risso, le nucléole jeune se vacuolise en grossissant, tout en étant très pyroninophile, puis sur sa paroi externe se dessinent quelques plages circulaires un peu bombées vers l'extérieur. Le nombre de ces plages augmente et, dans les nucléoles les plus âgés, certaines prennent une coloration verte avec le mélange vert de méthyle-pyronine, de sorte que ces organites ont finalement l'aspect d'une vésicule ovoïde (*fig.* 1 et 2),

(1) *La Cellule*, 53, n° 1, 1949, p. 99-116.
(2) *Arch. Biol.*, 61, n° 2, 1950, p. 187-195.
(3) *Thèse Alger*, 1943, p. 33-34.

sur laquelle se distinguent de minuscules disques isolés les uns des autres et de coloration verte ou violacée.

Très différente est la structure du nucléole des ovocytes de *Calliostoma zizyphinum* L. où de bonne heure apparaît une sphérule qui grossit en même temps que le nucléole et dans laquelle naît une dernière vésicule sphérique si bien que, sur coupes, un nucléole se montre constitué par trois sphères emboîtées (*fig.* 3 et 4), en contact en un point et dont les diverses couches n'ont pas les mêmes affinités tinctoriales. Elles sont pyroninophiles, mais incolores après action préalable de la ribonucléase et, à un stade avancé, la couche moyenne est, après coloration de Benoît, fuchsinophile, tandis que les deux autres sont vertes. Simultanément se produit une vacuolisation qui affecte les trois couches; toutefois aucune granulation osmiophile n'apparaît.



1-2 : Nucléoles entiers de *Fissurella mamillata*. — 3-4 : *Calliostoma zizyphinum* (le dernier en coupe). — 5 : *Pisania maculosa*.

Enfin, au cours de l'ovogenèse de *Nucella lapillus* L. se manifeste une intéressante particularité : le nucléole grossit, devient hétérogène et, au début de la vitellogenèse, la vésicule interne reste seule pyroninophile, sauf après action de la ribonucléase, tandis que le reste de l'organite prend le vert de méthyle. A partir de ce stade la réaction de Feulgen est du reste légèrement positive, ce qui indiquerait la présence d'acide thymonucléique. Ce fait a été déjà signalé par M. Gabe et M. Prenant chez les Polyplacophores [(1), p. 107] à un stade de l'ovogenèse. Nous ne pouvons affirmer que le nucléole de tous les ovocytes de *N. lapillus* donne les mêmes réactions et il est possible que dans cette espèce où il existe des œufs anormaux, il y ait un rapport entre les deux phénomènes.

Ainsi l'étude de l'ovogenèse nous a révélé pour dix espèces de Mollusques examinées l'existence de trois types de nucléoles et la présence probable d'acide thymonucléique chez deux espèces.

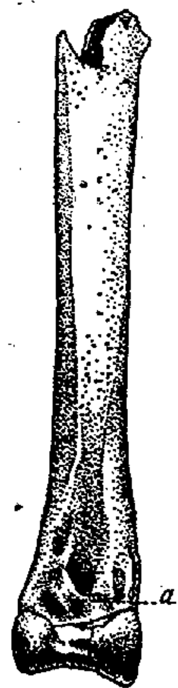
Dans bien des cas le nucléole dégénère presque complètement au terme de l'ovogenèse et le bourgeonnement est exceptionnel.

ANATOMIE COMPARÉE. — *Sur le Vautour des cavernes*, Gyps fulvus *Gm.* spelæus nov. var. Note de M[lle] **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

Du Quaternaire de Goyet, en Belgique, est décrite une variété de Vautour fauve, *Gyps fulvus spelæus nov. var.*, le Vautour des cavernes.

Au cours des fouilles systématiques effectuées en 1937 et 1938, dans les grottes de Goyet, près de Namur, par les soins du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique, les restes d'un grand Rapace diurne furent mis à jour. Ses ossements ont été rencontrés, sensiblement à tous les niveaux, de la base du Moustérien à l'Aurignacien inférieur, les couches supérieures de remplissage ayant été supprimées par des fouilles plus anciennes ; ils nous révèlent la présence de six individus, au moins : les uns mâles, les autres femelles (un peu plus volumineux que les mâles).

Grâce à M. le professeur V. van Straelen, directeur du Musée, j'ai poursuivi l'étude anatomique de ce Rapace. Le *tibio-tarse*, qui présente *d'excellents*



Gyps fulvus Gm. *spelæus nov. var.* des Cavernes de Goyet, près de Namur (Belgique). Salle du Mouton. Aurignacien inférieur. Collections paléontologiques du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique. Fragment distal du *tibio-tarse* gauche, vu par sa face antérieure. *a*, pont sus-tendineux. $^1/_3$ de la grandeur naturelle.

caractères pour la détermination des divers groupes naturels de la classe des Oiseaux (A. Milne Edwards) a surtout retenu mon attention. Le fragment inférieur que nous possédons montre :

1° L'aplatissement antéro-postérieur du corps de l'os.

2° Sur la face antérieure (*fig.* 1), la profondeur peu accusée de la gorge

intercondylienne et sa grande largeur; l'obliquité considérable du pont sus-tendineux (a) et l'absence de tout tubercule sur ce pont osseux.

3° Au niveau du bord externe, une surface allongée correspondant à la coalescence de la partie inférieure du péroné avec le tibio-tarse.

4° Sur la surface postérieure, comme sur la surface antérieure, la faible profondeur de la gorge intercondylienne et sa grande largeur.

Ces caractères sont ceux du tibio-tarse des *Accipitriformes* ou Rapaces diurnes.

La profondeur bien visible (quoique peu accusée) de la gorge intercondylienne antérieure place notre Accipitriforme parmi les *Ægypiidæ*.

L'absence, sur la face antérieure de l'os, de perforation latérale externe communiquant avec le sillon des extenseurs fait un *Gyps* du grand Ægypiidé de Goyet.

Par son tibio-tarse et les autres éléments de son squelette, notre *Gyps* se rapproche surtout du Vautour fauve, *Gyps fulvus* Gm. qui, encore actuel en Europe, ne fait plus que de très rares apparitions en Belgique.

Le tibio-tarse du fossile diffère, toutefois, de celui du Vautour actuel par :

1° la saillie plus nette du pont sus-tendineux, qui marque la puissance plus considérable des muscles extenseurs de la patte;

2° l'allongement plus marqué, vers le bas, de la surface de coalescence inférieure du péroné, qui indique un allongement de cet os, plus net encore que chez le *Gyps* fauve.

En raison des caractères particuliers du tibio-tarse et aussi de la taille relativement faible des ossements rencontrés, je fais du Rapace de Goyet une variété fossile de Vautour fauve, *Gyps fulvus* Gm. *spelæus*, le Vautour des cavernes.

Avant cette étude, des *Gyps* avaient été signalés en Europe, à l'époque pléistocène : l'un, de très grande taille, le *Gyps melitensis* Lyd., dans l'île de Malte et à Monaco; un autre, rapporté au *Gyps fulvus* Gm., en Bohême, en Italie, à Monaco, à Gibraltar; d'autres enfin, sans désignation d'espèce, dans l'île de Malte et en Italie (Frascati).

Mais c'est la première fois que le *Gyps*, Accipitriforme des régions chaudes, est rencontré, à l'époque würmienne, dans un gisement aussi septentrional que les Cavernes de Goyet, en Belgique, où il vécut et nicha durant une longue période : de la base du Moustérien à l'Aurignacien inférieur.

Peut-être, les grands rapaces d'Europe centrale et méridionale rapportés au *Gyps fulvus* sont-ils identifiables au *Gyps des Cavernes* de Goyet. Trop de renseignements anatomiques nous manquent pour pouvoir l'affirmer.

Un Mémoire détaillé, sur le Vautour fossile de Belgique, paraîtra ultérieurement dans les *Proceedings of the Zoological Society of London*.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Masculinisation des femelles de Xiphophores par action des rayons X sur la gonade.* Note (*) de M. **Jean-Henri Vivien**, présentée par M. Maurice Caullery.

Champy (¹) signale que la destruction des ovocytes de *Girardinus guppi* par action des rayons X ne modifie pas le comportement des caractères sexuels secondaires. Par le même traitement, appliqué à *Lebistes reticulatus*, Ssamokhvalova (²) provoque la dégénérescence provisoire des testicules et l'inhibition passagère de la différenciation des caractères sexuels secondaires chez les jeunes ♂; une reprise ultérieure de cette différenciation succède à la régénération de fragments de testicule actif.

Au cours d'expériences faites sur *Xiphophorus helleri* Heckel, en vue d'étudier le déterminisme de l'inversion sexuelle spontanément constatée par divers auteurs chez les vieilles ♀, nous avons été amené à utiliser l'action des rayons X sur la gonade. A la suite de ce traitement appliqué à de jeunes poissons proches de la phase de différenciation externe des caractères sexuels, nous avons observé qu'aucune perturbation ou ralentissement de la différenciation n'intervenaient chez les ♂, du moins durant les 90 premiers jours, tandis que toutes les jeunes ♀ traitées subissaient une différenciation des caractères sexuels secondaires dans le sens ♂, correspondant à une véritable masculinisation des nageoires anale et caudale, qui évoluent en gonopode et épée, de façon comparable à l'évolution observée chez les jeunes ♂ traités, ou chez les témoins du même élevage.

Dans la souche utilisée, les premières manifestations de la différenciation sexuelle externe (transformation gonopodiale ♂ et tache de puberté ♀) apparaissent chez les jeunes dont les indices corporels (³) atteignent ou dépassent 260/90 pour les ♂ et 215/77 pour les ♀.

Traitement. — Les jeunes traités sont des Xiphophores indifférenciés extérieurement, donc du type ♀; leurs indices corporels sont compris entre 190/60 et 240/91, proches de la phase pubertaire.

La dose totale, administrée en deux irradiations espacées de 3 à 5 jours, est de 1200 r. L'irradiation faite par le flanc droit, sur des animaux anesthésiés et mis à sec pendant la durée de l'intervention (4 minutes), est localisée à la région des gonades à l'aide d'écrans en plomb masquant le reste du corps.

Voir ci-après la figure; Z zône irradiée.

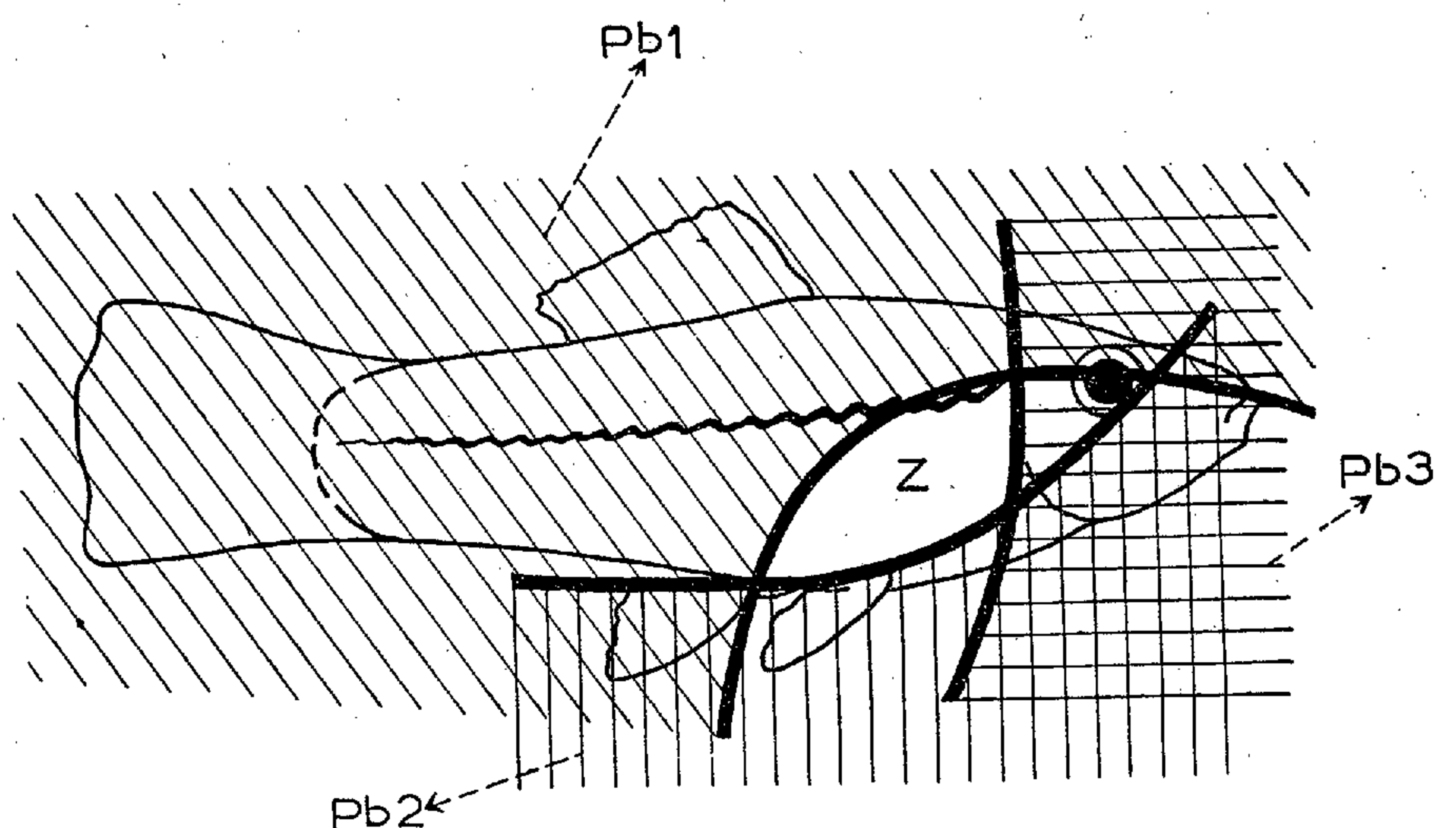
(*) Séance du 16 octobre 1950.

(¹) *Sexualité et hormones*, 1924, p. 46.

(²) *Trans. Dyn. Dev. Moscow*, 1935, p. 213.

(³) L'indice corporel est le rapport existant entre la longueur totale du corps mesurée du museau à l'extrémité des palettes vertébrales caudales et la hauteur du corps mesurée de la naissance du premier rayon de la nageoire dorsale à la base du pore génital.

Résultats. — 24 jeunes provenant d'une même portée ont été irradiés; 10 jours après la seconde irradiation, la totalité des animaux traités présentaient les premières manifestations d'une différenciation ♂. Parallèlement, sur 24 témoins de la même portée, 6 jeunes seulement présentaient un début de différenciation ♂, 15 autres montraient l'amorce d'une tache de puberté ♀, 3 restaient indifférents.



Sur les 24 irradiés, 10 ont été sacrifiés jusqu'à ce jour, à des intervalles de 35, 50 et 85 jours après la seconde irradiation; l'autopsie a permis de reconnaître, sans équivoque possible ([4]), l'existence de 2 ♂ et 8 ♀. Toutes les ♀ présentaient un ovaire normal à des degrés divers de maturité allant de l'ovaire prématuré à l'ovaire mûr; dans un cas, l'ovaire contenait des embryons parfaitement vivants.

Toutes les ♀ montraient un développement caractéristique de la nageoire anale en gonopode avec épaississement du 3e rayon, formations épineuses ou crochetées et allongement des 3e, 4e et 5e rayons; les 7e et 8e rayons de la nageoire caudale avaient subi une croissance amorçant très nettement la formation d'une épée.

Une seule différence est à signaler entre la formation gonopodiale des ♀ masculinisées par les rayons X et la même formation observée sur les ♂ témoins : la croissance en longueur des 3e, 4e et 5e rayons est plus réduite chez les ♀ traitées; il semble qu'il y ait différenciation plus hâtive des caractères morphologiques entravant la croissance des rayons différenciés (des faits analogues s'observant dans la masculinisation par les androgènes).

([4]) Tous les ♂ présentent une structure squelettique nettement différenciée chez les très jeunes sujets, structure absente chez les ♀ (*voir* LANGER, *Zeitsch. Anat. Entw.*, 1913, p. 193).

Le suspensorium de la nageoire anale ne semble avoir subi aucune transformation dans le sens ♂ (dans les limites actuelles de l'expérience, 90 jours).

Les coupes histologiques exécutées dans quelques ovaires prélevés ne révèlent aucune transformation particulière de masculinisation ou même de dégénérescence.

Étant donné les conceptions admises jusqu'ici sur le déterminisme de la différenciation des caractères sexuels secondaires chez les Cyprinodontes, la masculinisation observée à la suite de l'irradiation chez les femelles de Xiphophores ne semble explicable que par une transformation du métabolisme sécrétoire de la gonade.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Régénération de la gonade après castration chez le Mollusque Gastropode* Arion rufus *L.* Note de M. **Pierre Laviolette**, présentée par M. Pierre-P. Grasssé.

Grâce à la mise au point d'une technique précise d'ablation chirurgicale, j'ai pu utiliser de nombreuses castrations chez des *Arion rufus* L. de tout âge. L'opération est déjà possible chez des animaux âgés d'un mois à peine. Il ne sera question ici que des résultats obtenus chez ces jeunes animaux.

Dans tous les cas observés, l'ablation de la glande hermaphrodite est suivie de l'apparition d'un bourgeon de régénération. L'étude histologique permet d'y déceler, parmi des formations mésenchymateuses complexes, des éléments cellulaires de nature incontestablement germinale. Il s'agit donc d'une véritable régénération de la gonade [1].

1. *Structure du régénérat deux semaines après la castration.* — Le canal hermaphrodite se trouve accolé sur la majeure partie de son trajet à l'artère génitale qui pénètre avec lui dans la gonade. La castration entraîne donc la section simultanée de ces deux conduits. On retrouve dans le bourgeon de régénération des tissus intriqués d'une façon complexe, en rapport d'une part avec l'artère génitale, et d'autre part avec le canal hermaphrodite. Ce régénérat de deux semaines mesure au maximum 1^{mm}.

L'étude histologique permet d'établir ainsi sa structure (voir *figure*) :

a. La majeure partie du bourgeon de régénération est constituée par un tissu analogue à celui de la gaine qui entoure l'artère génitale, et se trouve en connexion avec cette dernière.

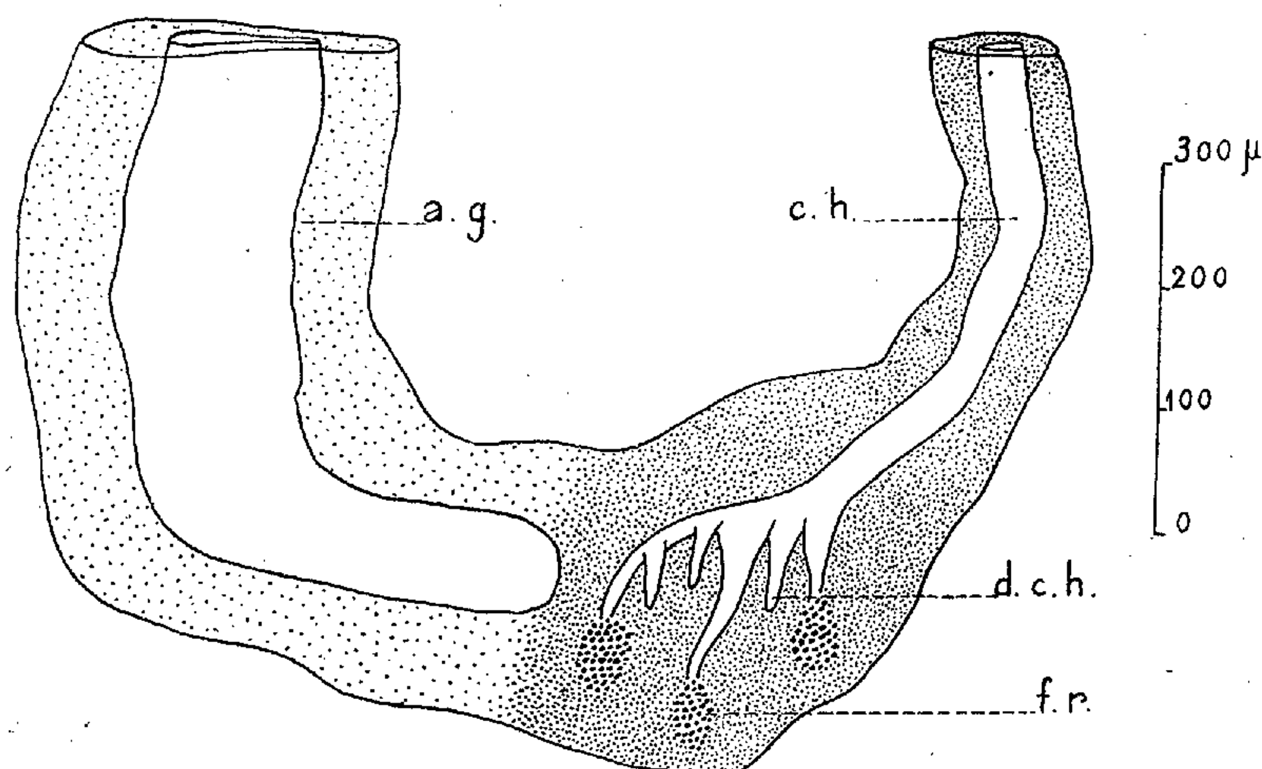
b. Le canal hermaphrodite primitif se poursuit par des ramifications pénétrant dans l'épaisseur de ce tissu, et y forme une série de digitations aveugles.

---

(1) M. le Professeur Abeloos a bien voulu me confier une observation personnelle et non publiée, selon laquelle *Agriolimax agrestis* (Mollusque Limacidæ) serait, lui aussi, capable de régénérer une gonade après ablation précoce.

La structure de sa paroi, très différente de celle des vaisseaux, permet de le suivre sans confusion possible.

c. A l'extrémité distale de certaines ramifications, on décèle des éléments germinaux, à l'état de gonocytes indifférents ([2]) de structure caractéristique, et dont le nombre est encore très réduit. Autour de ces gonocytes typiques, se trouvent des cellules dont le caractère germinal est moins marqué et qui semblent en voie de différenciation.



Arion rufus : Reconstitution simplifiée du bourgeon de régénération, deux semaines après la castration : *a. g.*, artère génitale; *c. h.*, canal hermaphrodite; *d. c. h.*, digitation du canal hermaphrodite; *f. r.*, foyer de régénération des gonocytes.

Il est d'ailleurs remarquable de constater que ce sont des éléments peu différenciés qui se trouvent au contact du canal. Cette dernière remarque exclut ainsi toute hypothèse de prolifération à partir d'un lambeau de tissu génital respecté par la castration.

2. *Structure du régénérat deux mois après la castration.* — Ses dimensions atteignent 2^{mm} et la proportion de tissu génital par rapport au tissu mésenchymateux s'est considérablement accrue. Enfin, les gonocytes indifférents, seuls décelables au cours des premières semaines qui suivent la castration, ont évolué en éléments caractéristiques d'une jeune glande hermaphrodite. Chacun des foyers décrits ci-dessus aboutit ainsi à la constitution d'un véritable acinus glandulaire. On y reconnaît : A. des gonocytes indifférents nombreux dans la région périphérique où ils forment une zone d'allure syncytiale; B. accumulées dans la région centrale, des spermatogonies typiques dont le territoire cytoplasmique se trouve parfaitement délimité; C. enfin, parmi les gonocytes indifférents, quelques noyaux de grande taille que leur contenu chromatique permet d'identifier comme des ovocytes en prophase méiotique ([2]).

([2]) LAVIOLETTE, *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 134-135.

En résumé, la castration précoce chez *Arion rufus* L. est suivie de la formation d'un bourgeon de régénération dans lequel des éléments germinaux se différencient à peu près comme dans la gonade normale. Les diverses modalités du phénomène sont actuellement en cours d'étude.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la coupure oxydante du β-carotène en rétinène (axérophtal) par* MnO_2. Note de MM. **Paul Meunier, Jacques Jouanneteau** et **Georges Zwingelstein**, présentée par M. Maurice Javillier.

Par agitation d'une solution éthérée de carotène avec MnO_2 en présence d'air, l'on obtient rapidement et avec d'excellents rendements le rétinène (axérophtal), aldéhyde correspondant à la vitamine A et physiologiquement actif comme la vitamine elle-même.

En 1945, R. F. Hunter et N. E. Williams (1) ont obtenu de 0,4 à 0,5 % d'aldéhyde de la vitamine A (rétinène ou axérophtal) dans l'oxydation du β-carotène par le perhydrol en milieu acétique. En 1950, N. L. Wendler, C. Rosenblum et M. Tishler (2) utilisant le perhydrol en présence de tétroxyde d'osmium, déjà employé par Goss et Mc Farlane (3), ont amélioré ce rendement qui a pu atteindre jusqu'à 28 %. Ces auteurs n'ont pas essayé d'autres catalyseurs d'oxydation ou d'autres oxydants que le tétroxyde d'osmium et le perhydrol qu'ils font agir pendant une vingtaine de minutes sur le β-carotène en solution éthérée.

Nous avons trouvé que le bioxyde de manganèse, qui, selon S. Ball, T. W. Goodwin et R. A. Morton (4) oxyde spécifiquement la vitamine A en rétinène, oxyde plus rapidement encore le β-carotène en rétinène. Bien que ces auteurs mentionnent l'existence d'une faible bande à $664^{m\mu}$ (bande d'halochromie du rétinène) par action de $SbCl_3$ sur des résidus de purification du carotène, ils n'ont pas fait allusion à une action possible de MnO_2 sur le carotène.

G. Wald (5) voit dans ce mode d'oxydation de la vitamine A une *réaction chromatographique hautement orientée* par le mécanisme même de l'adsorption de la vitamine A en solution dans l'éther de pétrole sur MnO_2. Nous pensons nous aussi que le β-carotène en solution dans l'éther sulfurique anhydre additionné d'un peu d'alcool éthylique est adsorbé sur MnO_2 par sa double

(1) *Chem. Soc.*, 1945, p. 554.

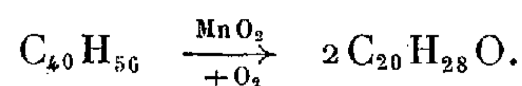
(2) *Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 234.

(3) *Science*, **106**, 1947, p. 375.

(4) *Biochem. J.*, **42**, 1948, p. 516-523.

(5) *J. of Gen. Physiol.*, **31**, 1948, p. 489-504.

liaison centrale et immédiatement élué à l'état de rétinène, après fission en son milieu et fixation d'oxygène selon l'équation



$$C_{40}H_{56} \xrightarrow[+O_2]{MnO_2} 2\,C_{20}H_{28}O.$$

Voici les détails de l'un de nos essais. 100^{mg} de carotène brut cristallisé (extrait de l'Huile de Palme d'A. O. F.) sont dissous dans 100^{cm^3} d'éther anhydre mélangé à 3^{cm^3} d'alcool absolu. La solution est agitée en présence d'air et à l'abri de la lumière avec 10^g de bioxyde de manganèse électrolytique, d'un grain très fin (présentant par exemple 10^{m^2} de surface par gramme). L'oxydation s'accompagne d'un affaiblissement progressif de la coloration rouge qui passe au jaune clair en 5 à 10 minutes, selon la température. Ce temps peut être raccourci sous l'effet d'ondes supersonores (par exemple d'ondes de fréquence 700000 à 1 million). Le bioxyde de manganèse est alors séparé par simple filtration. L'intensité de l'absorption lumineuse du filtrat dilué dans l'alcool éthylique, mesurée à $385^{m\mu}$ (par exemple avec le spectrophotomètre de Beckman) donne directement la teneur en rétinène de ce filtrat [en prenant les constantes du rétinène cristallisé préparé par Morton et coll. ([4])]. La coloration obtenue en mélangeant une goutte de filtrat évaporé sous vide au réactif au $SbCl_3$ est bleu vert, avec maximum d'absorption lumineuse à $664^{m\mu}$, caractéristique du rétinène. Celui-ci est alors extrait de sa solution après lavage à l'eau et évaporation de la phase éthérée desséchée sur SO_4Na_2 anhydre. La chromatographie sur alumine ou CO_3Ca permet de retenir à la partie supérieure du chromatogramme 10 % d'une substance absorbant la lumière à $335^{m\mu}$ qui n'est autre que l'hydrate de rétinène ou un semi-acétal ([6]). Le rendement en rétinène est ainsi de 60 à 80 % du carotène mis en œuvre.

On peut substituer à MnO_2 d'autres oxydes métalliques, notamment V_2O_4, d'effet plus rapide, Fe_2O_3, PbO_2 et Bi_2O_4. On peut enfin remplacer comme éluant l'alcool éthylique par d'autres alcools ou par l'acétone (1 % dans l'éther anhydre).

L'identité du rétinène obtenu est confirmée : 1° par sa réduction en vitamine A au moyen de l'hydrure de lithium et d'aluminium ([3]); 2° par le point de fusion de sa dinitro-phényl-hydrazone (207°) ([4]); 3° par son activité biologique sur le Rat blanc carencé que nous avons trouvée sensiblement égale à celle de la vitamine A naturelle, fait déjà constaté pour un isomère *cis* du rétinène obtenu par synthèse par Graham, van Dorp et J. F. Arens ([7]).

([6]) P. Meunier, G. Zwingelstein, J. Jouanneteau et R. Mallein, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1323-1325.

([7]) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 68, 1949, p. 609-611.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les quantités d'acide désoxypentose-nucléique par leucocyte chez diverses espèces de Mammifères.* Note de MM. **Paul Mandel, Pierre Métais** et Mlle **Suzanne Cuny**, présentée par M. Maurice Javillier.

Poursuivant nos recherches sur les acides nucléiques du sang (1), nous avons déterminé les quantités d'acide désoxypentose-nucléique (a. d. n.) par leucocyte chez diverses espèces de Mammifères. Le sang étant prélevé par saignée ou ponction veineuse, les globules blancs sont séparés par centrifugation et décantation et leur nombre compté à la cellule de Thomas. L'acide désoxypentose-nucléique est déterminé à la fois par le phosphore selon la technique de Schmidt et Thannhauser (2) et par le désoxypentose selon celle de Dische (3). Le tableau ci-dessous résume nos résultats.

Animal.	Nombre de déterminations (sur animaux différents).	Acide désoxypentose-nucléique par leucocyte (mg).	Erreur standard $EP = 0{,}674\sqrt{\frac{\varepsilon d^2}{n(n-1)}}$.
Bœuf	7	$6{,}977.10^{-9}$	$\pm 0{,}083$
Veau	6	6,931. »	$\pm 0{,}115$
Porc	7	6,854. »	$\pm 0{,}088$
Homme	14	6,848. »	$\pm 0{,}047$
Mouton	5	6,830. »	$\pm 0{,}075$
Chien	5	6,732. »	$\pm 0{,}098$

L'acide désoxypentose-nucléique étant localisé exclusivement dans le noyau, les valeurs trouvées représentent la quantité moyenne de cet acide par noyau de leucocyte. Il ressort de notre tableau que les quantités moyennes d'a. d. n. chez divers Mammifères sont voisines. Devant ces faits, et en admettant que l'a. d. n. est le support des caractères héréditaires (Stowell, Boivin), il est évident que ce n'est pas dans les différences quantitatives de cet acide qu'il faut chercher les différences du substrat génétique. En effet, pour des espèces très différentes, les quantités d'a. d. n., par noyau et par suite pour l'ensemble des chromosomes du noyau, sont très voisines.

Peut-on considérer que la quantité d'a. d. n. par noyau de leucocyte représente celle des noyaux somatiques de l'espèce? Il en serait ainsi si tous les noyaux somatiques possédaient effectivement la même quantité d'a. d. n., mais cette proposition apparaît inexacte à la lumière des travaux de Pasteels

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 234; **142**, 1948, p. 1022; **144**, 1950, p. 277; *Bull. Acad. Nat. Med.*, 1950, p. 449.

(2) *J. Biol. Chem.*, **161**, 1945, p. 83.

(3) *Mikrochem.*, **8**, 1930, p. 4.

et Lison ([4]) et de nos essais en cours. Par contre la quantité d'a. d. n. par leucocyte est plus faible que les valeurs moyennes que nous trouvons pour les autres noyaux somatiques. Compte tenu des résultats de Pasteels et Lison et de nos propres déterminations, on peut considérer le résultat trouvé pour le noyau des leucocytes comme valeur de base du noyau diploïde, d'autres organes présentant des quantités moyennes d'a. d. n. par noyau différentes suivant le pourcentage et le degré de polyploïdie.

Notons que les quantités absolues d'a. d. n. par noyau de leucocyte consignées dans notre tableau apparaissent supérieures à celles fournies par Boivin ([5]) pour les noyaux des divers organes et inférieures à ceux de Mirsky et Riss ([6]). D'autre part, les valeurs d'a. d. n. par noyau que nous trouvons pour les diverses espèces sont beaucoup plus voisines entre elles que celles signalées par Vendrely et Vendrely ([7]) pour les noyaux hépatiques et comportant des écarts considérables (de 5,1 à 6,4). Ces différences sont attribuables d'une part à la polyploïdie de certaines cellules hépatiques et d'autre part à des raisons techniques. En effet, la détermination d'a. d. n. par noyau de divers tissus comporte une opération préliminaire, l'isolement des noyaux par des solutions d'acide citrique fortement hypotoniques et à pH très acide (autour de pH 3). La détermination de la quantité d'a. d. n. par noyau dans le cas des leucocytes s'effectue au contraire après numération directe sans séparation préliminaire du noyau et n'est pas entachée des causes d'erreurs qui peuvent résulter de cette préparation. Les leucocytes apparaissent ainsi comme un matériel particulièrement intéressant pour l'étude comparée du substrat génétique chez diverses espèces au point de vue quantitatif et qualitatif.

Notons que dans un travail antérieur ([8]), nous avons mis en évidence la constance de la teneur en a. d. n. des hématies chez diverses races de Poule et de Canard. Nous avons recalculé la quantité d'a. d. n. par hématie, c'est-à-dire par noyau d'hématie et nous avons trouvé la valeur de $2,5 . 10^{-9}$ mg, sensiblement identique à celles publiées par Davidson et Indoe ([9]). On constate ainsi que, du point de vue quantitatif, les différences entre Mammifères et Oiseaux sont de l'ordre de 2,8 à 1.

En résumé : les quantités moyennes d'a. d. n. par leucocyte dans diverses espèces de Mammifères (Homme, Chien, Porc, Mouton et Bœuf) sont voisines. Ce n'est donc pas dans une différence quantitative de l'a. d. n. qu'il convient de chercher le facteur déterminant des caractères héréditaires des espèces

---

([4]) *Comptes rendus,* **230**, 1950, p. 780.
([5]) *Comptes rendus,* **226**, 1948, p. 1061.
([6]) *Nature,* **163**, 1949, p. 666.
([7]) *Experientia,* **5**, 1949, p. 327.
([8]) *C. R. Soc. Biol.,* **142**, 1948, p. 1022.
([9]) *Biochem. J.,* **45**, 1949, Proc. XV.

considérées. Il est vraisemblable que la quantité d'a. d. n. du noyau des leucocytes représente une valeur diploïde de base dont les autres cellules somatiques peuvent présenter des valeurs multiples, conséquence d'une polyploïdie.

CHIMIOTHÉRAPIE. — *Étude expérimentale de l'activité antituberculeuse de la β pyridine aldéhyde thiosemicarbazone.* Note (*) de MM. **Constantin Levaditi, André Girard, Aron Vaisman** et **André Ray**, transmise par M. Gaston Ramon.

Dans un important travail, Domagk, Behnisch, Mietzsch et Schmidt (¹) ont montré que certaines thiosemicarbazones d'aldéhydes aromatiques para-substituées montrent une haute activité bactériostatique antituberculeuse tant *in vitro* que chez le Cobaye. Le dérivé acétylaminé (TbI) fut, d'ailleurs, appliqué au traitement de la tuberculose humaine. Récemment Hoggarth et Martin (²) ont reconnu que le dérivé *p*-éthylsulfonylé de la benzaldéhyde thiosemicarbazone offre une activité quelque peu supérieure à celle du TbI. Nous avons entrepris l'étude de thiosemicarbazones d'aldéhydes hétérocycliques à noyaux simples ou condensés, substitués ou non, et constaté que certains cycles se révèlent beaucoup plus efficients *in vitro* que le noyau benzénique. C'est le cas notamment du noyau pyridinique, dont la thiosemicarbazone aldéhydique β est la plus accessible. L'isomère β (G 469) fait seul l'objet de cette communication. Il s'agit d'un corps jaune pâle, fondant à 227-230° (dec.), relativement soluble dans l'eau.

I. Activité bactériostatique et bactéricide. — *a. Mycobacterium tuberculosis*, souche virulente H 512 (milieu Dubos). Dose minima statique : 60 mg/l; dose minima microbicide (repiquage) : *idem*; *b.* Souche homogène S. A. P. C. (Arloing-Courmont) (milieu Lockmann) : *idem*; *c.* Souche streptomycino-résistante (H 37 Rv, S 200 U) de M. Bretey (Institut Pasteur) : même activité (*le* G 469 *agit donc sur une souche de BK résistante à la streptomycine*).

II. Tolérance. — Le G 469, administré *per os*, est parfaitement toléré à la dose quotidienne de 1^{mg}, et moins bien supporté à la dose de 2^{mg} (par souris de 20^{g}, soit, respectivement, 50 et 100 mg/kg). Le cobaye tolère entre 50 et 100 mg/kg.

III. Activité curative. — *Technique.* — Des lots de souris reçoivent, par voie intraveineuse, 1^{mg} de BK souche H 512 (culture sur Löwenstein âgée de 30 jours; poids humide). Dès la contamination, traitement quotidien *per os* avec des doses adéquates de G 469,

---

(*) Séance du 13 novembre 1950.

(¹) *Chemotherapie*, 1950, Stuttgart; Domagk, *Deutsch. med. Woch.*, 6, 1935, p. 256; Domagk et Hegler, 1944, Leipzig.

(²) *Brit. J. Pharmacol.*, 5, 1950, p. 188.

de Tb I ou de streptomycine. Les animaux survivants sont sacrifiés le 42e et le 45e jour. Les sujets sont examinés du point de vue lésionnel (coupes) et microbiologique ([3]). D'autres souris non traitées servent de témoins.

Résultats. — Deux séries d'essais ont été réalisées, qui ont fourni toutes deux des résultats à peu près semblables.

Essais. — Quatre lots de souris ont été utilisés. Le premier, non traité, a servi de témoin ; le second a été traité journellement, *per os*, d'abord par 2^{mg}, ensuite par 1^{mg} de G 469 (total 48^{mg}); le troisième par 2^{mg} de TbI (total 66^{mg}); enfin, le quatrième par 2^{mg} de streptomycine (base) (total 70^{mg}) (toutes ces doses par souris de 20^{g}).

1° G 469. — Mortalité : 10 % ; survie : 90 %. Altérations microscopiques pulmonaires ([4]) : entre o et +— : 95 % ; entre + et ∞ : 5 %. Taux bacillaire du poumon : entre o et +— : 100 % (à remarquer l'absence totale de BK sur coupes dans 45 % des cas). *Conclusion : Effets curatifs de tout premier ordre.*

2° TbI. — Mortalité : 15 % ; survie : 85 %. Lésions microscopiques pulmonaires : entre o et +— : 15 % ; entre + et ∞ : 85 %. Taux bacillaire : entre o et +— : 30 % ; entre + et ∞ : 70 %. *Conclusion : Les effets curatifs du* TbI, *envisagés tant sur le plan lésionnel que microbiologique, apparaissent inférieurs à ceux exercés par le* G 469 ([5]).

3° *Streptomycine.* — Mortalité : 5 % ; survie 95 %. Altérations pulmonaires : entre o et +— : 70 % ; entre + et ∞ : 30 %. Taux de BK : entre o et +— : 65 % (o : 5 %). *Conclusion : Activité curative comparable à celle du* G 469.

4° *Souris témoins.* — Mortalité : 100 %. *Lésions et bacillose pulmonaires intenses* (*Cf.* Tableau I).

TABLEAU I.

Médicament.	Mortalité (%) 42e jour.	Survie (%) 42e jour.	Lésions microscopiques (%). o à +—.	+ à ∞.	BK (%). o.	o à +—.	+ à ∞.
G 469	10	90	95	5	45	55	0
Tb I	15	85	15	85	0	30	70
Streptomycine.	5	95	70	30	5	65	30
Témoins	100	0	5	95	0	0	100

Conclusions générales. — Malgré la durée presque identique de la survivance des souris traitées par le G 469, *le* TbI *et la streptomycine, les constatations lésionnelles et microbiologiques effectuées révèlent la supériorité curative du* G 469 *par rapport au* TbI. *L'effet thérapeutique du premier de ces dérivés est comparable à celui de la streptomycine. Des expériences sur le Cobaye ont confirmé ces conclusions.* Nous avons, en outre, comparé l'efficacité thérapeutique chez

([3]) Notation du taux bacillaire entre o et ∞, en passant par +—, +, ++, +++ et ++++.

([4]) Ces lésions offrent des caractères cicatriciels semblables à ceux occasionnés par la streptomycine.

([5]) *Cf.* C. LEVADITI, *La Presse méd.*, n° 38, 1949, p. 519.

la Souris des thiosemicarbazones des aldéhydes benzoïques et β-pyridiniques, analogues isostériques des deux séries. Alors que la première, bien qu'active *in vitro*, est inopérante chez l'animal, la seconde a une efficacité égale à celle de la streptomycine. Cette particularité semble liée à l'influence du noyau pyridinique.

CHIRURGIE. — *Note préliminaire sur la greffe totale du poumon chez le Chien.* Note (*) de M. **Henri Métras**, transmise par M. Léon Binet.

Le but de cette Note préliminaire est d'exposer la technique et les résultats d'un programme expérimental que nous poursuivons depuis novembre 1948. Un chien A est pneumonectomisé et son poumon est greffé à la place de celui déjà enlevé d'un chien B. Il s'agit donc d'homogreffe. Le poumon gauche a toujours été choisi à cause de ses connections broncho-vasculaires plus simples.

Technique. — La bronche, l'artère pulmonaire, l'oreillette gauche et l'artère bronchique sont successivement anastomosées. Après de nombreux tâtonnements, nous procédons ainsi qu'il suit :

Choix des chiens : Age, autant que possible, jeune; poids, environ de 7 à 10^{kg}; épreuve de Jeanbrau.

Dans un premier temps : Pneumonectomie gauche du chien A en disséquant soigneusement l'artère bronchique jusqu'à son origine sur l'aorte dont on emporte un fragment de 2^{cm}. Le prélèvement veineux est simplifié pour la réalisation de l'anastomose en sectionnant l'oreillette dont on emporte un fragment important. Le chien A est sacrifié et son sang pourra être utilisé pour une transfusion au chien B.

Dans un deuxième temps : Pneumonectomie gauche du chien B.

La greffe est commencée par une anastomose de la bronche par points simples au fil de soie. Les alvéoles affaissées sont reventilées tout de suite après. L'artère pulmonaire est suturée en termino-terminale suivant le point éversant de Blalock. Les deux détails techniques intéressants sont l'anastomose veineuse et l'anastamose de l'artère bronchique.

Dans un troisième temps, il faut anastomoser l'oreillette avec l'oreillette et non les veines pulmonaires entre elles. C'est une grande simplification réduisant à une seule suture sur du bon tissu, la greffe veineuse, diminuant ainsi les risques opératoires précoces et les thromboses secondaires.

Dans un quatrième temps, l'artère bronchique est anastomosée par l'intermédiaire du fragment de l'aorte qui est suturé à la sous-clavière. L'ensemble

---

(*) Séance du 30 octobre 1950.

du système fonctionne très bien, et l'on est appelé à lier des artérioles destinées à l'œsophage et emportées avec le lambeau.

L'ensemble du système vasculaire fonctionne alors.

Résultats. — 20 greffes furent effectuées; les cinq dernières satisfont à la description que nous donnons.

Sur les 15 premiers chiens, nous notons la première survie à la deuxième tentative avec mort à la 48e heure par hémorragie. Puis progressivement, la période de survie opératoire s'est élevée à 4 ou 5 jours, la mort survenant par thrombose massive de tout le poumon. Les 12e, 13e et 14e greffes moururent dans la minute qui suivit le déclampage de l'artère pulmonaire et de l'oreillette, par œdème pulmonaire. Cet incident n'arrive plus depuis que nous faisons une épreuve de Jeanbrau.

Les cinq dernières greffes eurent seules une anastomose de l'artère bronchique et surtout une injection de 75^{mg} d'héparine bi-quotidienne, commencée le lendemain, et continuée pendant les 12 premiers jours. La moyenne de survie fut de 20 *jours* avec un maximum de 28 jours.

Comment se comportent ces chiens? Dans l'impossibilité où nous fûmes de pratiquer des mesures oxymétriques sur le taux d'oxygène du sang artériel de nos chiens avant et après l'opération, nous ne pouvons apporter qu'une estimation clinique et radiologique. Les huit premiers jours, *tout se passait comme si la membrane alvéolaire était perméable aux échanges gazeux.* Les cinq chiens n'avaient pas de fièvre et ne présentaient aucun signe d'anoxémie. Leur langue et leur muqueuse buccale avaient la même couleur qu'avant l'intervention. A l'examen, on voyait un mouvement égal dans les deux hémithorax avec un rythme identique, à une ou deux respirations près, à celui qui avait précédé la greffe. L'auscultation montrait un murmure vésiculaire normal. A la radio, on voyait un poumon transparent et le chien greffé courait, japait et aboyait. Ce tableau durait en moyenne 8 jours. A ce moment, on commençait à noter des signes de densification du parenchyme. Le murmure vésiculaire disparaissait pendant que s'assombrissait l'hémithorax gauche. Le chien devenait dyspnéique et réticent devant un effort important. Ces symptômes allaient en s'accentuant, lorsque, vers le 18e ou 20e jour, apparaissaient des signes de fistule bronchique avec pyo-pneumothorax. La mort survenait alors.

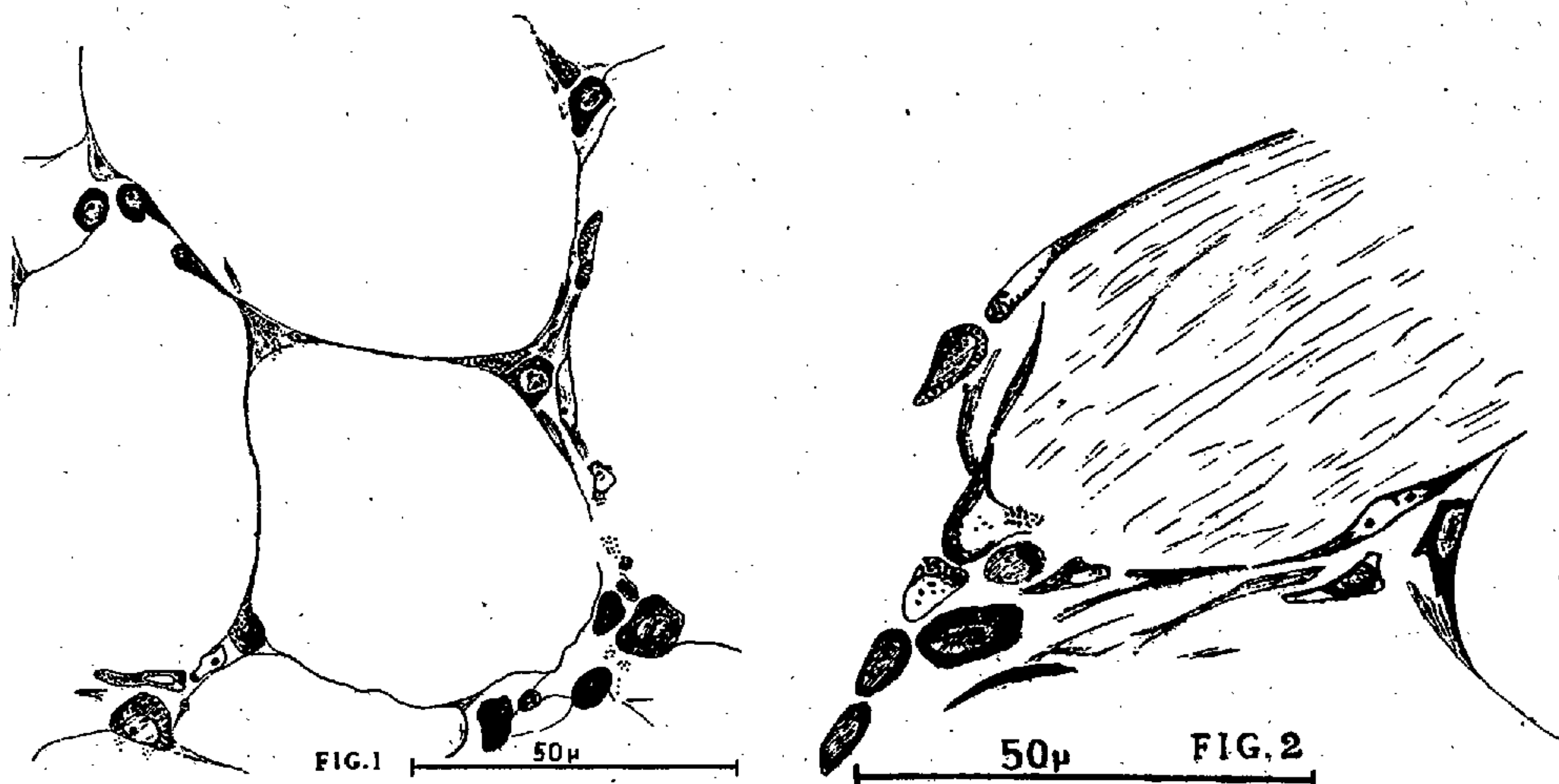
Tous nos examens anatomo-pathologiques ont porté, jusqu'à ce jour, sur des chiens morts des suites de la greffe, espérant toujours par des améliorations techniques, prolonger leur survie. Ces documents sont insuffisants pour expliquer l'évolution histologique du poumon, car nous n'avons jamais sacrifié un chien vivant.

Nous reviendrons en détail sur l'ensemble des transformations subies par le poumon entier, mais on peut déjà dire que les lésions les plus marquantes sont de type œdémateux et infarctoïde.

HISTO-PATHOLOGIE. — *A propos d'un cas de mastocytose pure. Origine et évolution des mastocytes.* Note de MM. **René Hissard, Louis Moncourier** et **Jean Jacquet**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons décrit le premier cas connu de mastocytose. Les tumeurs cutanées constituent une sorte de culture de mastocytes et en permettent l'étude détaillée. Dans les parties profondes de la peau, on peut assister à la naissance et à la croissance de ces cellules. Dans les parties superficielles, on suit leur maturité et leur disparition.

Aux points nodaux du tissu adipeux, on reconnaît facilement les cellules conjonctives fixes qui possèdent des prolongements anastomosés entre eux présentant les caractères de la réticuline et enserrant les dépôts de graisse, selon une disposition bien étudiée par Wassermann. C'est à partir de ces cellules conjonctives que l'on peut qualifier de jeunes, d'après l'aspect du noyau, que l'on voit se former, par modifications insensibles,



protoplasmiques et nucléaires, tous les intermédiaires qui aboutissent au mastocyte jeune peu granuleux, encore retenu dans les entraves conjonctives, puis au mastocyte plus âgé, déjà complètement libéré (*fig.* 1). Des transformations analogues, à partir des fibroblastes, s'observent encore en de multiples points du chorion, le long des vaisseaux et des glandes cutanées, entre les acini glandulaires, mais aussi au carrefour des trousseaux conjonctifs (*fig.* 2).

Les mastocytes ainsi formés suivent une double évolution. Beaucoup remontent dans la couche papillaire, où ils sont tassés les uns contre les autres. Grâce à la malléabilité de leur protoplasme, ils forment un feutrage parcouru par de nombreux capillaires. Ils constituent d'ailleurs des nappes remarquablement homogènes, mis à part d'exceptionnels éosinocytes.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 253.

A mesure qu'ils se rapprochent de l'épiderme, les mastocytes évoluent vers la maturité puis la sénescence. Cependant, quelques-uns s'infiltrent à travers la basale et vont constituer des thèques épidermiques contenant des mastocytes toujours reconnaissables bien qu'ayant perdu une partie de leurs grains. Sur les parois, on distingue une lyse discrète des cellules. Cette pénétration et cette lyse cellulaire semblent un phénomène actif du mastocyte analogue à la fibrinolyse par excrétion des grains d'héparine, décrite par Baeckeland (²) dans les caillots sanguins et fibrineux implantés dans la peau du Cobaye.

D'autres mastocytes libérés après transformation des fibroblastes passent dans les lacunes du tissu conjonctif et sont évacués par la circulation générale et lymphatique. Nous les avons observés dans la lumière de plusieurs capillaires. Ces cellules uniquement transportées par le sang et qui sont apparues ailleurs, sont distinctes des mastocytes qui peuvent naître du rétothélium vasculaire et qui évoluent excentriquement par rapport aux vaisseaux.

Les mastocytes suivent ensuite l'évolution que nous avons déjà signalée, notamment destruction dans la rate (où les noyaux plus ou moins en pycnose mais reconnaissables sont abondants) et émission faible et intermittente dans le sang. Dans tous ces tissus, les mastocytes n'existent jamais qu'à l'état adulte, voire âgé. N'étant plus, comme dans la peau, soumis à des pressions importantes, ils prennent des formes régulières et plus volumineuses ($15\text{-}20^{\mu}$ et davantage). On y voit des aspects en pelote de laine, d'autres oblongs à gros noyau central ou relégué à l'une des extrémités. Leurs dimensions sont variables, ils sont plus ou moins bourrés de granulations métachromatiques faciles à reconnaître. Bon nombre ont éclaté, éparpillant leurs grains autour d'eux, parfois au loin et montrant un noyau souvent avec encoche et à chromatine généralement réticulée, plus ou moins effacée dans la vieillesse nucléaire.

Ce cas pathologique nouveau nous a ainsi révélé l'origine des mastocytes qui naissent des cellules conjonctives fixes sans passer par le stade histiocytaire. Il est possible qu'à l'état normal leur formation, bien que beaucoup plus rare, soit tout à fait semblable. La localisation des mastocytes dans la peau du Cobaye et celle de l'Homme le laisserait supposer.

Notre étude nous a montré, enfin, que la cellule conjonctive fixe était douée de certaines possibilités de transformation, ce qui pose la question du classement des différents types cellulaires dans le système réticulo-endothélial dont les auteurs ont d'ailleurs donné, jusqu'à présent, des interprétations différentes.

La séance est levée à $15^{h}45^{m}$.

L. B.

(²) *Soc. Belg. Biol. C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 1005 et 1007.

ERRATA.

—

(*Comptes rendus* du 27 mars 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Jean Cabannes, Jean Dufay* et *Maurice Dufay,* Le spectre du ciel nocturne dans le jaune et dans le rouge, de 5800 à 6900 Å :

Page 1236, 7e ligne, *au lieu de* 3551,2, *lire* 3651,2.

(*Comptes rendus* du 16 octobre 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Serge Tacvorian* et *Marcel Lévêcque,* Le rétractomètre, appareil pour l'étude du frittage et des réactions à l'état solide :

Page 772, 2e ligne du titre, *au lieu de* Stéphane TACVORIAN et Maurice LÉVÊCQUE, *lire* Serge TACVORIAN et Marcel LÉVECQUE.

(*Comptes rendus* du 23 octobre 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Jean Bouchard* et *Pierre Tauzin,* Action combinée d'un champ haute fréquence et d'un faisceau lumineux intense sur des particules en suspension dans l'air :

Page 842, 9e ligne en remontant, *au lieu de* magnétique, *lire* du condensateur.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 NOVEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 6 décembre au lieu du lundi 4, jour de la séance annuelle des prix de l'Académie des Sciences morales et politiques.

M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

Notre éminent confrère **Hyacinthe Vincent** s'est éteint jeudi 23 novembre, dans l'après-midi, après une longue maladie. Nous ne verrons plus sa fine silhouette à la place qu'il préférait, près du bureau : nous n'entendrons plus sa voix familière. C'est dans nos mémoires et dans nos cœurs que nous trouverons désormais le souvenir de celui dont la vie fut un long combat pour le salut des hommes et un continuel acte de foi.

Il était né à Bordeaux le 22 décembre 1862. Après de brillantes études secondaires, il s'oriente vers la médecine. En 1885 il est reçu le premier au concours de l'Internat de Bordeaux, puis il achève ses études médicales avec une thèse de physiologiste sur les causes de la mort dans l'hyperthermie. A cette époque, l'École du service de santé militaire, installée à Strasbourg jusqu'en 1870, ne s'est pas encore réinstallée à Lyon. Pour devenir médecin militaire il faut, thèse soutenue, concourir pour l'entrée à l'École du Val-de-Grâce. Hyacinthe Vincent y est reçu le premier, et il en sortira le premier pour y être réaffecté, pendant deux ans, au Laboratoire de Bactériologie et d'Anatomie pathologique.

En 1892 il est à l'Hôpital militaire du Dey à Alger; il y fonde un laboratoire de bactériologie et il y découvre l'angine dite de Vincent, le parasite de la maladie de Madura, le rôle de l'association de l'hématozoaire de Laveran

avec le *Bacillus Coli* dans la fièvre et la septicémie colibacillaire. Il y prend aussi conscience de l'importance du problème de la fièvre typhoïde.

En 1896 il revient au Val comme Professeur agrégé dans la Chaire d'« Épidémiologie et maladies infectieuses », et dans cette Chaire il succède en 1902 à son Maître Vaillard.

En 1907, il est membre de l'Académie de Médecine, après avoir reçu le prix Osiris. En 1925, la limite d'âge l'atteint comme Médecin Général Inspecteur. Pour remplacer la chaire du Val qu'il doit abandonner, il reçoit au Collège de France une chaire d'Épidémiologie et Maladies infectieuses, créée pour lui, et qu'il conservera jusqu'en 1936. Il conservera toujours son Laboratoire du Val où il a réalisé tant de belles œuvres. En 1946, nous fêtions son jubilé dans ce Val qu'il aimait tant et qui conserve pieusement son souvenir. Hyacinthe Vincent était notre Confrère depuis 28 ans, ayant été élu en 1922 dans notre section de Médecine et Chirurgie.

Son œuvre est trop vaste pour qu'en cette brève notice nous puissions faire autre chose qu'en relever quelques points saillants.

Préoccupé de bonne heure du problème de la fièvre typhoïde et soucieux d'abord d'éviter la contagion, il étudie les diverses méthodes d'immunisation; il compare les techniques susceptibles de tuer les bacilles en conservant leur pouvoir antigène spécifique. Les méthodes connues atténuaient toutes l'efficacité immunisante du vaccin obtenu. Ses expériences le conduisent à adopter le vaccin à l'éther, car l'éther ne diminue pas le pouvoir immunigène du bacille typhique. Dès 1909, il met au point le vaccin TAB, actif contre typhoïde et paratyphoïde A et B.

Il l'essaie avec succès sur lui-même, sur quelques jeunes médecins volontaires du Val-de-Grâce, et dès 1912, en Algérie, en Tunisie et au Maroc. Il l'essaie aussi en France, dans un grand nombre d'épidémies civiles ou militaires. Il jugule ces épidémies, et la vaccination au TAB se répand à l'étranger dans tous les pays où la contagion sévit. Devant le succès de cette méthode de prophylaxie, le Parlement adopte en 1914 la vaccination antityphoïdique obligatoire dans l'armée. Heureuse mesure, mais tardive. Pendant l'hiver 1914-1915, une grave épidémie de typhoïde se déchaîne aux armées. Rien qu'à l'hôpital de Bar-le-Duc, en janvier 1915, il y a 9000 malades avec 25 % de mortalité. On était à la veille d'un désastre sanitaire et militaire. C'est alors que Vincent est envoyé en mission aux armées; il y organise la vaccination générale malgré les difficultés sans nombre qu'on imagine; animé de cette foi que nous avons bien connue, il vient à bout de l'ignorance, du scepticisme, de l'inertie, il triomphe de l'épidémie, et Foch et Joffre le proclament « un des meilleurs artisans de la Victoire de 1918 ».

Sa vaccination avait radicalement modifié la prophylaxie de la typhoïde; il a aussi transformé les idées classiques concernant sa pathogénie. Dès 1915 il isole deux toxines élaborées par le bacille : la neurotoxine et l'entérotoxine.

L'injection simultanée de ces deux toxines, en l'absence de bacille, détermine tous les symptômes et toutes les lésions anatomiques caractéristiques de la maladie. La typhoïde se range ainsi à côté de la diphtérie et du tétanos comme une maladie d'intoxication. Puis il s'attaque à la sérothérapie antitoxique. Après de longues recherches et des épreuves expérimentales rigoureuses, il présente en 1944 ses premiers résultats. Les difficultés très grandes de préparation du sérum ont jusqu'ici restreint son utilisation aux seuls cas très graves. Mais, dans ces cas, les résultats obtenus ont confirmé pleinement la *théorie de Vincent* sur la pathogénie de l'infection typhoïdique.

A côté de cette œuvre capitale, on peut citer d'autres belles découvertes. D'abord la *maladie ou angine de Vincent*, qu'avant lui on confondait avec la diphtérie ou la syphilis. Il découvre qu'elle est caractérisée par un bacille fusiforme associé en symbiose avec un spirochète qu'on appelle aujourd'hui le spirochète de Vincent, et il pousse l'étude de la maladie si loin qu'on n'y a presque rien ajouté depuis 50 ans. D'autre part, une analyse clinique minutieuse du rhumatisme articulaire aigu le conduit à découvrir un symptôme nouveau, le gonflement douloureux du corps thyroïde (signe thyroïdique ou de Vincent). Il découvre aussi que le microbe du tétanos est incapable de se développer dans les tissus vivants, s'il n'est aidé par des microbes associés qu'on trouve dans la terre et dans les matières organiques mortes, tandis que l'infection est favorisée si les tissus vivants sont écrasés ou contusionnés par un traumatisme, et il explique bien des faits jusqu'alors incompris.

Au cours de recherches longtemps poursuivies sur l'infection colibacillaire, il découvre le rôle essentiel joué par l'association de l'hématozoaire de Laveran avec le *Bacillus Coli* dans la fièvre et la Septicémie colibacillaire. Il étudie les dangereuses toxines produites et prépare un sérum anticolibacillaire préventif et curatif.

Ces recherches si originales l'amenèrent à la découverte des cryptotoxines et de leurs propriétés.

Faut-il après cela parler longuement de ses travaux sur la sérothérapie de la gangrène gazeuse, sur la sérothérapie antistreptococcique, qui sauvèrent tant de vies humaines. Partout dans son œuvre nous rencontrons le même souci d'associer la clinique et l'expérience bactériologique, dégageant avec le même bonheur de grandes lois de la pathologie et de l'épidémiologie.

C'est un égal souci d'élégance et de grandeur qu'on retrouve dans ses leçons du Val-de-Grâce et du Collège de France sur le rôle des porteurs de germes, sur le rôle des formes frustes de la contagion et sur la prophylaxie des maladies contagieuses.

H. Vincent avait la plus haute idée de sa mission scientifique et médicale. « Est-il une tâche plus belle, disait-il un jour, que celle qui se propose de préparer physiquement et moralement la race humaine à sa destinée, et de

l'élever à ce qui fait l'honneur et la dignité de la vie, je veux dire l'effort, le travail et le devoir. »

De très hautes distinctions en France et à l'étranger ont été attribuées à son œuvre. Aucune ne lui aura été plus au cœur que la reconnaissance, par Joffre et par Foch, de son rôle victorieux pendant la première guerre mondiale, pour les millions de vies humaines qu'il aura sauvées. C'est cette reconnaissance nationale que le Gouvernement français a voulu exprimer, lorsqu'il y a quelques mois la médaille militaire lui fut attribuée.

H. Vincent a été, dans toute la force du mot, un grand serviteur du pays. Il est souhaitable que son exemple soit proposé aux générations futures. Au nom de l'Académie des sciences, j'adresse à sa famille l'hommage de notre douloureuse sympathie et de notre profond respect.

Je lève la séance en signe de deuil.

TOPOLOGIE. — *Les points de ramification des continus.* Note de M. **Arnaud Denjoy**.

Dans un espace continu, à savoir distancié (les caractères habituels de la distance admettant une légère extension), compact en soi (au sens de la convergence en distance) et bien enchaîné, on appelle point normal multiple, ou de ramification, tout point décomposant l'espace considéré en trois continus se rejoignant en ce seul point. Il est démontré que l'ensemble des points de ramification est dénombrable.

Dans une Note de 1947, où je donnais certaines définitions intrinsèques et non pas ordinales de la dendrite et de l'arc simple ([1]), je distinguais les points a d'un continu E en *singuliers* et en *normaux* selon que la décomposition de E en deux ensembles $E^1(a)$, $E^2(a)$ vérifiant les conditions suivantes : 1° $E^1(a)$ et $E^2(a)$ fermés non discontinus; 2° $E^1(a).E^2(a)=a$; 3° $E=E^1(a)+E^2(a)$, avait ou non pour seule solution $E^i(a)=E$, $E^{3-i}(a)=a$ ($i=1$ ou 2).

Rappelons les caractères de l'ensemble ou *espace* E.

1° E est *distancié*. Soit $d(a, b)=d(b, a)$ la distance des points quelconques a et b de E. On peut observer que ce caractère de l'ensemble E conserve beaucoup de ses effets si, au lieu d'exiger l'inégalité triangulaire de Fréchet, on suppose simplement $d(a, b)$ uniformément continu en a et b variant dans E. L'inégalité $d(b, c)<\varepsilon$ entraîne $|d(a, b)-d(a, c)|\leq\eta(\varepsilon)$, $\eta(\varepsilon)$, au moins (et non pas exactement) égal à ε, étant indépendant de a, b, c et tendant vers 0 avec ε.

2° La convergence d'une suite de points a_n vers un point a, les a_n et les a étant sur E, est définie par la condition $\lim d(a, a_n)=0$. On suppose E *compact en lui-même*, en ce sens que tout ensemble infini inclus dans E contient une suite convergeant vers un point de E.

([1]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 773-775.

En conséquence, la sphére ouverte de centre a et de rayon r étant par définition l'ensemble $\gamma(a, r)$ des points de E distants de a de moins de r, toute collection de sphères disjointes, de rayon supérieur à un même nombre positif, est finie. Si $\varepsilon' + \eta(\varepsilon') < \varepsilon$ et si $a_1, a_2, \ldots, a_m$ est un ensemble majeur tel que les sphères $\gamma(a_i, \varepsilon')$ soient disjointes, les sphères $\gamma(a_i, \varepsilon)$ couvrent par leur réunion la totalité de E.

On peut déduire de là une métrique borélienne des ensembles inclus dans E, de façon que toute sphère γ ait une mesure $\varphi(\gamma)$ positive et tout point a de E la mesure $\varphi(a) = 0$. On pose enfin $\varphi(E) = 1$.

Supposons que le diamètre de E surpasse 1; ε_k étant 2^{-k} (k entier positif), soit $\gamma_i^k = \gamma(a_i^k, \varepsilon_k)$ $(i = 1, 2, \ldots, m_k)$ une famille de sphères ouvertes de rayon ε_k couvrant E. Les γ_i^1 décomposent E en ensembles disjoints, respectivement formés : e_i^1 des points de E appartenant à γ_i^1 et seulement à γ_i^1, $e_{i,j}^1$ des points appartenant à γ_i^1 et à γ_j^1 et seulement à ces deux sphères de rang 1, $e_{i,j,k}^1$ etc. Pour une de ces subdivisions e^1, dont le diamètre δ^1 vérifie $2^{-p-1} < \delta^1 \leqq 2^{-p}$, nous posons $\varphi(e^1) = \alpha . 2^{-p}$ et nous déterminons α par la condition $\varphi(E) = \Sigma\varphi(e^1) = 1$.

Puis nous subdivisons chacun des e^1 par la famille des sphères γ_i^2 et nous définissons pour chaque fragment e^2 décomposant e^1 une mesure $\varphi(e^2)$ comme nous venons de le faire. Ainsi de suite pour tous les fragments e^k de rang k, créés dans E par les k premières familles de sphères $\gamma^1, \ldots, \gamma^k$. Cela fait, pour définir la fonction $\varphi(e)$, on franchit d'abord l'étape jordanienne [la mesure extérieure J, soit $\varphi_{e,J}(e)$, est la borne inférieure et la limite, k croissant, de la mesure totale des fragments de rang k dont la distance à e est nulle; la mesure intérieure J, soit $\varphi_{i,J}(e)$ est la limite de la mesure totale des fragments de rang k situés à distance positive de $E - e$]. On applique ensuite les axiomes de Borel [tout ensemble fermé f est mesurable et $\varphi(f) = \varphi_{e,J}(f)$; tout ensemble ouvert o est mesurable et $\varphi(o) = \varphi_{i,J}(o)$]. On termine avec le principe d'Eudoxe [si e est compris entre des ensembles mesurables, la mesure d'un englobant de e excédant d'aussi peu que l'on veut la mesure d'un englobé par e, $\varphi(e)$ est le nombre unique séparant les deux mesures]. La fonction borélienne $\varphi(e)$ est dès lors définie, vérifiant $\varphi(\gamma) > 0$ et $\varphi(a) = 0$, quels que soient dans E la sphère γ et le point a.

3° E est supposé *continu*, selon la définition cantorienne, c'est-à-dire par les suites de chaînes de pas loisiblement petit, et joignant deux points quelconques de E.

Nous dirons qu'un point normal de E *divise* ce continu. Nous disons que $\Delta(E, a)$, renfermant a, est un *segment de* E *créé par* a si $\Delta(E, a)$ et $[E - \Delta(E, a)] + a$ sont deux continus, non identiques à E ni à a.

Nous disons que a est un *point normal multiple* (ou un point de ramification) de E s'il existe plus de deux segments de E créés par a.

L'ensemble commun à deux segments créés par a, si cet ensemble ne se réduit pas au seul point a, est un segment de E créé par a.

La réunion de deux segments de E créés par a si cet ensemble n'est pas identique à E, est un segment de E créé par a.

Si a est un point normal multiple de E, on peut décomposer E en trois segments, disjoints sauf par leur unique point commun a.

THÉORÈME. — *L'ensemble des points normaux multiples d'un continu* E *est dénombrable.*

a étant un point normal multiple quelconque de E, nous décomposons E en trois segments $\Delta_1(E, a)$, $\Delta_2(E, a)$, $\Delta_3(E, a)$ créés par a et disjoints sauf par leur point commun a. Nous supposons ces segments numérotés dans l'ordre non croissant de leurs mesures : $\varphi(\Delta_1) \geqq \varphi(\Delta_2) \geqq \varphi(\Delta_3)$. Nous caractérisons a par le troisième segment Δ_3, que nous désignerons par $I(a)$.

Soit b un autre point normal multiple divisant E en trois segments $\Delta'_p = \Delta_p(E, b)$ $(p = 1, 2, 3)$. Soient i, j, k inégaux, chacun étant 1, 2, ou 3, et pareillement avec p, q, r. Si a est dans Δ'_p et b dans Δ_i, posons $E^1(a) = \Delta_i$, $E^2(a) = \Delta_j + \Delta_k$; $E^1(b) = \Delta'_p$, $E^2(b) = \Delta'_q + \Delta'_r$. Appliquant le théorème I de la Note citée (p. 744), on voit que $\delta = \Delta_i . \Delta'_p$ est un continu; c'est à la fois un segment de Δ_i crée par b et un segment de Δ'_p créé par a; Δ_i et Δ'_p se divisent chacun en deux autres segments respectivement créés par les mêmes points, savoir : $\Delta_i = \delta + \Delta'_q + \Delta'_r$; $\Delta'_p = \delta + \Delta_j + \Delta_k$; Δ_j et Δ_k sont disjoints de Δ'_q et de Δ'_r; $\varphi(\Delta_i) > \varphi(\Delta'_q) + \varphi(\Delta'_r)$ et $\varphi(\Delta'_p) > \varphi(\Delta_j) + \varphi(\Delta_k)$ [à cause de $\varphi(a) = \varphi(b) = 0$]. Donc $\varphi(\Delta_i) > 2\varphi(\Delta'_3)$; $\varphi(\Delta'_p) > 2\varphi(\Delta_3)$. Si $i \neq 3$ et $p \neq 3$ à la fois, Δ_3 et Δ'_3 sont disjoints. $i = 3$ et $p = 3$ à la fois est impossible. Car, $\varphi(\Delta_3) > \varphi(\Delta'_1)$ et $\varphi(\Delta'_3) > \varphi(\Delta_1)$ simultanément est absurde.

Si $i = 3$ et $p \neq 3$, Δ_3 contient Δ'_3 et $\varphi(\Delta_3) > 2\varphi(\Delta'_3)$. Si $i \neq 3$ et $p = 3$, Δ'_3 contient Δ_3 et $\varphi(\Delta'_3) > 2\varphi(\Delta_3)$.

En résumé, ou bien $I(a)$ et $I(b)$ sont disjoints, ou bien l'un contient l'autre et la mesure du premier surpasse le double de celle du second. En conséquence, les points $b_1, b_2, \ldots$, tels que $I(b_m)$ soit joint à $I(a)$ sans être inclus en lui peuvent être énumérés par mesures croissantes, et $\varphi[I(b_m)] > 2^m \varphi[I(a)]$. La suite b_m est donc limitée. Appelons rang d'un point a le nombre p de points b tels que $I(b)$ contienne a. Évidemment, pour les points a d'un même rang, les ensembles $I(a)$ sont disjoints. Chacun a une mesure positive. Les points a d'un même rang p forment donc un ensemble dénombrable H_p. L'ensemble H des points normaux multiples a est ΣH_p; H est dénombrable.

ÉLASTICITÉ. — *Sur la variation du module d'élasticité d'une lame de quartz en fonction de son épaisseur.* Note de M. **Armand de Gramont**.

Des considérations théoriques laissaient supposer que le module d'élasticité de lames cristallines devait varier avec leur épaisseur. Les modules ont été déterminés en mesurant les flexions de lamelles chargées; ils augmentent notablement quand l'épaisseur tombe en dessous de 100^{μ}.

Le module d'une lame mince de quartz peut être déterminé par la mesure de sa fréquence quand cette lame est utilisée comme pilote d'un circuit oscillant; mais la capacité de l'ensemble constitué par le quartz et ses électrodes devient

relativement grande quand l'épaisseur diminue, ce qui a une première répercussion sur la fréquence, sans parler de l'influence de l'oscillateur. Il a donc fallu renoncer à la mesure de la fréquence pour la détermination du module d'élasticité quand il s'est agi de comparer des éléments de faible épaisseur. Par contre, des mesures concordantes ont été obtenues par divers expérimentateurs, dont Murgatroyd, sur des fibres de verre, en mesurant la flèche prise par des échantillons reposant sur deux supports et chargés en leur centre; le module est calculé en admettant la validité des lois classiques de l'élasticité.

Les lames de quartz sont orientées suivant la taille Curie, c'est-à-dire parallèles à l'axe optique et perpendiculaires à un des axes électriques du cristal.

Les plaquettes de 20^{mm} sur 4^{mm} étaient posées sur deux couteaux distants de 8^{mm}; elles supportaient des cavaliers dont le poids variait de 0,02 à 5^{g}. Les mesures de flexion ont été exécutées dans le laboratoire des Glaceries de Saint-Gobain avec un dispositif qui sera prochainement décrit : elles sont effectuées au moyen d'un microscope disposé horizontalement; on prend la moyenne de plusieurs mesures; les écarts ne dépassent pas 2^{μ}.

Dans ces conditions, le module d'élasticité E est défini par la formule connue $E = Pl^3/4bh^3f$ dans laquelle P représente la charge de la lame, l la longueur entre appuis, b la largeur de la plaque, h son épaisseur et f la flèche prise par la lame en essai.

Une première série de mesures sur des échantillons travaillés à la manière des plans de verre à faces parallèles a donné des résultats confus, mais d'après lesquels le module d'élasticité paraissait *diminuer* avec l'épaisseur. Murgatroyd avait de même trouvé que pour les fibres de verres, le module décroissait lorsque le diamètre diminuait.

Il nous a paru que les mesures effectuées se trouvaient influencées par la couche amorphe des deux faces de la lame et ne représentaient pas le module de la lame cristalline proprement dite.

Dans le même temps, nous poursuivions des essais relatifs à l'action du bifluorure d'ammonium sur des lames piézo-électriques minces. Le bifluorure permet de diminuer l'épaisseur d'une lame d'environ 1^{μ} sans altérer profondément sa structure superficielle; les lames ainsi débarrassées des deux couches amortissantes se mettent en vibrations plus facilement. C'est le module de telles lames qui a donc été mesuré.

Dans ces conditions, les résultats se sont trouvés inversés : sur des échantillons variant de 98 à 50^{μ}, nous avons constaté une *augmentation* continue du module d'élasticité. Les valeurs du module calculé d'après la formule citée plus haut ne sont pas absolument constantes pour une même plaque supportant des charges différentes. Nous n'avons donc retenu que les valeurs du module correspondant à une charge uniforme de 1^{g}. Les mesures effectuées sont résumées dans le tableau suivant.

Épaisseur (μ).	Flexion (μ).	Module d'élasticité C.G.S.
98	8,7	$3,91.10^8$
80	10,8	5,79
65	17,4	6,70
50	34,8	7,35

Ainsi, pour une lame cristalline débarrassée de la couche amorphe, le module d'élasticité augmente quand l'épaisseur diminue. Nous essaierons de réaliser des lames encores plus minces, malgré les difficultés que soulève ce problème.

Ces essais montrent déjà que le module d'élasticité, calculé d'après la formule indiquée, n'est pas constant. Il varie dans le sens qui confirme une hypothèse que nous avons émise, sans que puisse être déterminée la limite vers laquelle tend le module pour de moindres épaisseurs.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Les « flocons » dans les pièces d'acier.* Note (¹) de MM. **Albert Portevin** et **Étienne Pretet**.

Un flocon est une fissure interne, sans épaisseur, préexistant à l'épreuve de rupture qui l'a fait apparaître et dont l'aspect, les dimensions, l'orientation, sont indépendantes des conditions dans lesquelles se produit la rupture.

On a pu constater, en outre, que ces caractères sont également indépendants du traitement thermique final subi par la pièce, tandis que l'aspect du reste de la cassure varie. Les traitements usuels ne peuvent ni faire disparaître les flocons, si la pièce en contient, ni en faire naître dans une pièce qui n'en contient pas.

. . . .

Influence de la structure. — . . . . Les flocons ne se rencontrent pas au voisinage de la surface des pièces dans la région provenant de la zone périphérique des lingots, mais seulement à partir d'une certaine profondeur.

Les flocons ne se produisent que dans les portions de pièces provenant des régions du lingot, intérieures à la couche superficielle de cristaux basaltiques et dans lesquelles la cristallisation primaire est en éléments dendritiques équiaxes, de dimensions variables d'ailleurs, avec ou sans ségrégation majeure. Ces cristaux primaires dendritiques sont déformés par le forgeage et tendent à donner naissance à une structure fibreuse plus ou moins serrée, suivant l'intensité du corroyage. Dans les barres ou pièces forgées dans une seule direction, les traces des flocons sur les surfaces parallèles au sens de

(¹) Extrait du document retiré du pli cacheté nº 11046, déposé le 3 juin 1935, ouvert à la demande de l'auteur survivant, M. Albert Portevin, le 5 juin 1950.

l'étirage sont orientées parallèlement à la direction de ces fibres d'une manière d'autant plus parfaite que le corroyage est important.

. . . .

Influence du corroyage. — La fréquence des flocons à partir d'un lingot donné augmente avec le degré du corroyage subi par la pièce; elle est maximum pour une certaine réduction de section, généralement faible, puis décroît; pour les forts corroyages, les flocons ne se produisent plus.

Lorsque le lingot est amené à la dimension finale en deux ou plusieurs chaudes, avec refroidissement intermédiaire, la section au-dessous de laquelle on n'observe plus de flocons est plus grande que si le forgeage est fait en une seule opération, pourvu que la réduction de section correspondant à chaque chaude soit suffisante. Les flocons existants à un moment donné dans une ébauche sont éliminés par soudure lors d'un nouveau forgeage effectué dans des conditions convenables. Ce nouveau forgeage laisse le métal moins sensible à la formation de flocons et ceux-ci ne se produisent de nouveau que rarement et en petit nombre.

. . . .

Sur une section transversale, l'influence du traitement mécanique se traduit par une orientation générale de la direction des traces normalement à celle des efforts de forgeage. Dans un plat ou dans une tôle, les traces des flocons sont parallèles aux grandes faces; dans une billette carrée ou dans un rond laminés, elles sont parallèles à la diagonale ou au diamètre qui était en dernier lieu parallèle à l'axe des cylindres du laminoir.

Si, au cours d'un même laminage, on arrête la barre après les passes successives et que l'on fasse un prélèvement lors de chaque arrêt, l'orientation des traces est, à chaque arrêt, normale à la direction des efforts subis pendant la passe correspondante. Cette expérience, facile à reproduire, met bien en relief l'influence primordiale de la déformation à chaud. Dans les cas où la déformation est plus compliquée, l'orientation des flocons est plus rapidement modifiée par le forgeage que celle de la fibre. Celle-ci conserve en général le dessin qui résulte du premier ébauchage, les flocons se forment toujours avec l'orientation que leur donne le dernier forgeage.

. . . .

Influence de la vitesse du refroidissement après forgeage. — Les flocons, cependant, ne se produisent que pendant le refroidissement après forgeage, lorsqu'il s'effectue à une vitesse comprise entre certaines limites; pour les vitesses très faibles ou très grandes, on n'observe pas de flocons.

. . . .

On peut donc éviter la formation des flocons en refroidissant très lentement les pièces jusqu'à une température assez basse, variable suivant la nature de

l'acier, ou, ce qui est moins recommandable par suite du risque de tapures, en les trempant.

. . . .

On doit considérer ensuite comme essentiels le rôle de l'hétérogénéité chimique et plus précisément dendritique, facteur dont l'importance est atténuée par le recuit préalable des lingots à haute température, celui des phénomènes de décomposition et de précipitation pendant le refroidissement dans l'intervalle des basses températures où la diffusion est plus ou moins entravée.

L'étude de la capacité de déformation à différentes températures qui a été faite pendant le refroidissement de quelques aciers spéciaux nous montre que le degré de fragilité et l'étendue de l'intervalle critique de températures dans lequel elle se manifeste varient suivant la nature et la forme structurale des constituants séparés; cet intervalle peut dans certains cas s'étendre assez bas vers la température ambiante.

. . . .

Toute formule d'élaboration et de coulée propre à réduire l'hétérogénéité ou ségrégation dendritique et majeure du lingot contribue à diminuer son aptitude à donner naissance à des flocons.

Un traitement thermique préalable du lingot, tendant à augmenter l'homogénéité chimique par diffusion à température élevée peut avoir une efficacité appréciable si la section du lingot n'est pas excessive, surtout dans le cas des nuances d'acier peu susceptibles.

Le choix du poids et de la forme du lingot doit permettre d'obtenir le produit final dans des conditions favorables de corroyage : on diminue notablement la fréquence des flocons en opérant en deux ou plusieurs chaudes, dont la dernière fournit une réduction de section de 1,5 à 2.

L'opération de forgeage, commencée à une température assez modérée pour éviter la surchauffe qui aggrave le risque de production des défauts, doit se terminer à une température suffisamment élevée pour éviter un trop grand écart de température entre la périphérie et le cœur.

Enfin, et surtout, les flocons sont évités par l'application d'une consigne de refroidissement après forgeage telle que l'achèvement de la décomposition s'effectue sans danger. Un refroidissement très lent dans l'intervalle critique est la plus simple de ces consignes.

Les précautions à prendre sont, il convient d'y insister, variables d'une fabrication à une autre. Seule l'expérience propre à chaque aciérie permet de les préciser pour les cas particuliers.

Remarque de M. **Pierre Chevenard** *sur la Note de MM.* Albert Portevin et Étienne Pretet.

La Note de MM. A. Portevin et É. Pretet, déposée sous pli cacheté le 3 juin 1935, décrit un certain nombre de caractères et de facteurs, ignorés ou mal connus à cette époque, des ruptures internes connues en sidérurgie sous le nom de *flocons*. Surtout, elle conseille d'importantes précautions de nature à proscrire ce grave défaut.

Depuis 1935, les recherches de E. Houdremont ont montré le rôle essentiel de l'hydrogène absorbé par l'acier liquide dans la genèse des flocons. Une fois ce rôle élucidé, les sidérurgistes ont cherché à réduire l'absorption de l'hydrogène, qu'il provienne de l'atmosphère, des charges humides, des additions, des fuites d'eau aux refroidisseurs, etc. Mais l'hydrogène n'est pas le seul facteur des flocons et, comme l'ont observé MM. Portevin et Pretet, le corroyage intervient, de même que toutes les conditions du refroidissement.

Les travaux fondamentaux de Pasteur, qui ont prouvé l'intervention des microbes dans la genèse et la transmission des maladies contagieuses, et qui ont conduit à l'antisepsie et à l'asepsie, n'ont pas diminué l'importance des précautions destinées à neutraliser l'action de ces microbes, qu'il est évidemment impossible d'éviter tout à fait. De même, parce que l'acier absorbe toujours de l'hydrogène au cours de son élaboration, les sidérurgistes soucieux d'éviter les flocons devront s'inspirer des recommandations indiquées dans la Note.

Il était donc opportun de les rappeler, ainsi que les circonstances dans lesquelles elles furent énoncées pour la première fois.

BOTANIQUE TOXICOLOGIQUE. — *Un Crinum toxique* (C. yuccæflorum *Salisb.*) *des bords du Niger ayant une action digitalique.* Note de MM. **Auguste Chevalier** et **Raymond-Hamet.**

L'un de nous (A. C.) observa, il y a quelques mois en saison sèche sur les bords du Niger et dans les îles du grand fleuve, entre Say et Tombouctou, des bulbes blancs subsphériques de la taille d'un gros oignon, dépourvus de feuilles et de fleurs. Ils gisaient parfois par petits tas à la surface du sol dénudé au-dessus du lit du fleuve, mais sur des terrains qui avaient été inondés à l'époque des crues. Il n'était pas douteux que c'était la violence de la crue qui avait amené l'érosion du sol sur les rives et déterré ces bulbes et les avait parfois groupés en tas. Nous reconnûmes que c'étaient des bulbes de *Crinum* de la famille des Amaryllidées, mais comme il existe plusieurs espèces dans la région, il était impossible de savoir à laquelle ils appartenaient. Nous en rapportâmes une provision en France et au retour en ayant mis quelques-uns

en terre dans des pots au Laboratoire, l'un d'eux avait produit des feuilles, puis en octobre une hampe terminée par deux très belles fleurs. Il nous fut alors possible de rapporter la plante à *Crinum yuccæflorum* Salisb., espèce que nous avions observée souvent autrefois au Soudan français dans la zone des steppes jusqu'aux confins Sud du Sahara, ainsi que dans l'Oubangui-Chari jusqu'aux bords du lac Tchad. Partout on le regarde comme poison violent; seule la Hyène, disent les Noirs, peut en manger impunément. Entre Niamey et Gao des Africains de tribus Haoussa et Djerma vivant au bord du fleuve, nous apprirent que ces bulbes étaient aussi utilisés comme poison. Les pêcheurs bozo les emploient parfois, après les avoir écrasés, pour narcotiser le poisson vivant dans les mares et le capturer. En outre, les chasseurs Djerma des environs de Tillabéry les utilisent pilonnées, comme adjuvant du poison de flèches, les ajoutent à la bouillie fabriquée avec les graines de *Strophanthus sarmentosus*, le latex de *Calotropis* et la décoction de racines de *Pargularia tomentosa* L. D'autres ingrédients s'ajoutent encore à la bouillie, mais l'extrait de *Crinum yuccæflorum* serait un des plus actifs.

Nous avons remis les deux bulbes qui nous restaient à l'auteur des observations qui vont suivre (R. H.).

Dans son Ouvrage sur les *Plantes utiles du Sénégal*, A. Sébire ([1]) cite un *Crinum* qui provient sans doute des environs de Thiés, est désigné en volof sous les noms de *Dalkagne* ou *Tabal*, et est considéré dans cette région comme un purgatif dont l'action ne peut être arrêtée; ce *Crinum*, que J. M. Dalziel suppose à tort être le *C. yuccæflorum*, paraît être le *C. sanderianum* qui porte non pas deux, mais quatre à cinq fleurs. Bien qu'une action digitalique n'ait encore été signalée chez aucune Amaryllidée, on pouvait supposer que c'était à une telle action qu'étaient dus les effets violemment cathartiques du *Crinum* de Sébire et peut-être aussi le pouvoir toxique du *Cr. yuccæflorum*.

Les deux bulbes de *C. yuccæflorum* des bords du Niger nous ont permis de nous assurer de l'action digitalique de cette Amaryllidée. Ces bulbes ont été divisés en menus fragments qu'on a fait macérer pendant 10 jours dans quatre fois leur poids d'alcool à 50°. Après l'avoir filtré, puis additionné d'un poids égal de soluté physiologique de chlorure de sodium, ce macéré a été injecté à deux chiens suivant la technique utilisée pour le titrage des digitaliques. Cette technique, dont le principe a été posé par Dejean ([2]) et dont l'application au Chien est due à Rowe ([3]), consiste, comme on sait, à faire pénétrer, de façon lente et continue dans la veine fémorale de chiens anesthésiés et soumis à la respiration artificielle, une quantité telle du produit à essayer que l'arrêt cardiaque définitif se produise dans un délai d'environ 30 minutes.

([1]) J. M. Dalziel, *The useful plants of West tropical Africa*, London, 1937, p. 487.
([2]) *Thèse doct. pharm.*, Montpellier, 1908, p. 151-154.
([3]) *Journ. of the Americ pharmaceut. Assoc.*, 8, 1919, p. 900-912.

L'enregistrement des modifications de la pression carotidienne pendant toute la durée de l'injection, nous a montré les phases caractéristiques de l'intoxication digitalique : d'abord celle où l'amplitude des pulsations cardiaques s'accroît progressivement (*fig.* 1) et devient bientôt considérable (*fig.* 2), puis celle où s'affirment des irrégularités du rythme cardiaque (*fig.* 3), enfin celle où après que le tensiogramme s'est régularisé et décèle une tachycardie extrêmement marquée, le cœur s'arrête brusquement et définitivement (*fig.* 4).

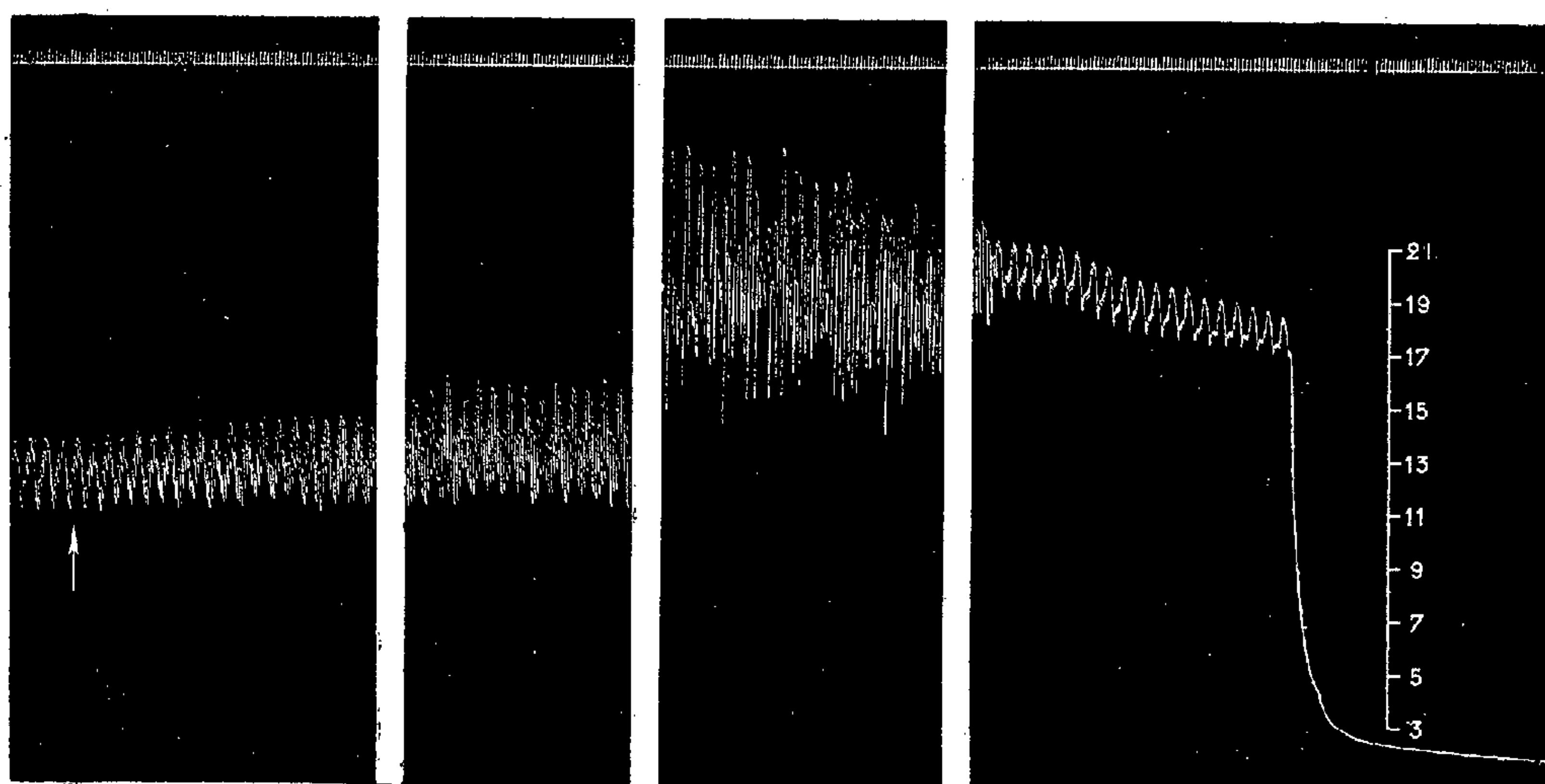


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Chien de $10^{kg},300$, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes. 2e ligne : modifications de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Au point marqué par la flèche, on a commencé l'injection lente et continue. Tracés réduits de moitié.

Dans la première expérience, un chien de $7^{kg},600$ a succombé en 25 minutes à l'injection intraveineuse de $40^{cm^3},5$ de notre macéré dilué, soit à $5^{cm^3},32$ de celui-ci par kilogramme.

Dans le second essai, un chien de $10^{kg},300$ est mort en 28 minutes après avoir reçu dans les veines 70^{cm^3} du même macéré dilué, soit 6,79 de ce dernier par kilogramme.

La dose léthale moyenne est donc de $(5,32 + 6,79)/2$, soit de 6,05 cm^3/kg de chien, ce qui correspond à $0^{g},756$ de bulbe par kilogramme de cet animal. Cette dose peut paraître assez considérable si on la compare à la dose léthale moyenne de feuilles sèches de Digitale pourprée, mais on doit noter que nous avons dû utiliser des bulbes gorgés de suc qui auraient perdu à la dessiccation une proportion énorme de leur poids.

GÉOMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE. — *Concomitance et asymptotiques généralisées d'une surface.* Note de M. **Georges Bouligand.**

Le principe de concomitance est nécessaire pour rendre équivalentes les définitions classiques d'une asymptotique A sollicitant en chaque point, soit l'une des directions asymptotiques de la surface, soit l'accélération d'un mobile décrivant A. Cette circonstance se retrouve dans les extensions topologiques du problème.

Dans des recherches sur les limites généralisées en Analyse géométrique, j'ai montré qu'étant donné plusieurs fonctions non dérivables d'une seule et même variable τ qui interviennent simultanément, il est souvent utile, à partir d'une valeur assignée de τ, de choisir une suite évanescente de valeurs de $\Delta\tau$ telle que les rapports à $\Delta\tau$ des accroissements correspondants de ces diverses fonctions tendent, sur la suite, vers des limites déterminées. C'est ce que j'ai appelé des nombres dérivés *concomitants* ([1]). Ainsi, étant donné une surface, lieu continu d'éléments de contact d'ordre 1 qui, de plus, possède une famille d'asymptotiques A régulières, on peut étudier la seconde famille d'asymptotiques, et montrer qu'elle se compose de lignes B non rectifiables en général, coupant, sous des conditions simples, chaque A en un seul point. A chaque demi-tangente MT d'une B correspond en représentation sphérique une demi-tangente concomitante *mt*, orthogonale à MT ([2]).

La concomitance prend un rôle non moins important quand on veut, sans dépasser le champ de la Topologie du second ordre, donner une définition généralisée des lignes asymptotiques sous plusieurs formes équivalentes ([3]). On prend alors une surface S enveloppe de surfaces $\Pi_{u,v}$, dépendant des paramètres u, v. Vers le point $M(u, v)$ où S touche $\Pi_{u,v}$, faisons tendre le point $M'(u+du, v+dv)$ dans la direction d'une demi-tangente MT. Soit $M\Theta$ la tangente en M à la limite Λ de l'intersection des surfaces $\Pi_{u+du,v+dv}$ et $\Pi_{u,v}$ quand M' tend vers M. On dira que $M\Theta$ est conjuguée de MT, relativement à la famille des $\Pi_{u,v}$. En cas d'auto-conjugaison, on dit que MT est une direction asymptotique (relative). On peut alors, pour les nouvelles lignes asymptotiques proposer trois définitions :

D_1 lignes auto-conjuguées, c'est-à-dire tangentes partout à une direction asymptotique ; D_2 lignes telles qu'en chaque point, la caractéristique Λ ait un contact supérieur avec S; D_3 lignes telles qu'en chaque point, se présente avec la Π_{uv} correspondante un contact supérieur.

La présente Note attire l'attention sur le fait que D_3 n'équivaut pas à D_1 ou à D_2 (interchangeables). C'est déjà ce qui se produit dans le cas classique où

(1) G. Bouligand, *Rev. Scient.*, 81, 1943, p. 24-26.
(2) G. Bouligand, *Bull. Soc. Math.*, 74, 1946, p. 31-42.
(3) G. Bouligand, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1261.

les $\Pi_{u,v}$ sont les plans tangents à S. Mais on peut remplacer D_3 par cette autre définition D'_3 : lignes telles qu'en chaque point M, pour une vitesse MV portée par la tangente, la différence géométrique entre *l'une* des accélérations correspondantes pouvant en résulter pour le mobile lancé sur S et *l'une* des accélérations analogues pour le mobile lancé sur $\Pi_{u,v}$ soit un vecteur du plan tangent commun en M. Cette différence géométrique d'accélérations, sous le jeu d'une transformation topologique du second ordre, subit comme je l'ai montré la transformation linéaire tangente (4), d'où le rôle invariant des courbes soumises à la condition D'_3, où s'introduit le jeu de la concomitance, et qui est alors équivalente à D_1 ou D_2. Faute de s'en tenir à D'_3, on ferait apparaître des asymptotiques liées à la topologie du troisième ordre.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Observations sur l'activité de certains Pucerons.* Note de M. **Gustave Nicolas** et Mlle **Berthe Aggéry**.

Cette Note est relative à l'activité particulière de certains Pucerons, qui, en plus des désordres biens connus occasionnés sur les rameaux et les feuilles, provoquent la formation de sortes de petits balais de sorcière à l'extrémité des tiges de *Rubus fruticosus* L. et donnent à *Sisymbrium officinale* Scop. une forme fastigiée.

L'un de nous a remarqué, au début de janvier et en mars 1950, le long de la route de Foix à Vernajoul, parmi un peuplement de *Rubus fructicosus* L., quelques pieds présentant des déformations plus ou moins prononcées de certains rameaux (*a*) et de l'extrémité des tiges (*b*) : *a* réduction de la longueur des entre-nœuds et de la surface des feuilles, épaississement des rameaux et des pétioles, abondant développement de poils, ce qui donne déjà à ces rameaux un aspect très particulier; mais la modification la plus frappante et peu connue (*b*) consiste dans la production à l'extrémité des tiges recourbées vers le sol, ayant acquis un géotropisme positif, de très nombreux rameaux courts, très velus, portant des feuilles excessivement réduites, doués d'abord, comme la tige mère, d'un géotropisme positif, puis se redressant bientôt, ayant récupéré un géotropisme négatif. Ces petits rameaux, groupés en bouquets compacts, proviennent d'un bourgeon axillaire et constituent des sortes de balais de sorcière.

Voici, comparativement, les longeurs en centimètres des six derniers entre-nœuds comptés à partir du sommet d'un rameau normal A et d'un rameau B du type *a* :

A :	0,5,	1,7,	3,1,	4,	4,3,	4,5;	longueur : 18,1
B :	0,3,	0,3,	0,5,	1,	1,3,	1,4;	longueur : 4,8

(4) G. Bouligand, *Le rôle de la théorie des groupes en géométrie infinitésimale directe*, 36, 1937, n° 9, p. 14.

Les rameaux et les pétioles normaux portent des épines (cinq à six par entre-nœud et six à dix par pétiole) de 1,5 à 5^{mm} de longueur; la nervure médiane de la face inférieure est munie de quelques épines.

Les rameaux déformés, velus, portent de rares épines, dont les pétioles et la nervure médiane sont presque dépourvus.

Tandis que les trois folioles des feuilles normales ont les dimensions suivantes : terminale, $4,5 \times 3^{cm}$, latérales, $4 \times 2^{cm},5$, celles des rameaux (*a*), portées par des pétioles grêles, groupées en petites touffes, comprennent soit trois folioles, soit une foliole terminale munie de deux lobes à sa base, soit une seule entière; leurs dimensions oscillent entre $1,5 \times 2^{cm}$ et $0,2 \times 0^{cm},3$.

Les rameaux groupés en sortes de balais de sorcière sont d'un vert clair, couverts de poils blancs; ils ont au maximum 3,5 à 4^{cm} de longueur et portent des feuilles réduites à des lames mesurant $0,3 - 0,5 \times 0,2 - 0^{cm},4$

Au point de vue anatomique, les tiges normales sont caractérisées par des tissus assez lâches, des fibres péricycliques bien développées et une moelle importante; dans les tiges déformées, les tissus sont plus compacts, comme Molliard ([1]) le signalait déjà, les fibres péricycliques et la moelle réduits et le liber, par contre, plus développé.

Le développement du liber secondaire est dû à la fois à la prolifération du parenchyme libérien et à un fonctionnement plus intense de l'assise génératrice libéro-ligneuse, caractères déjà observés par Molliard, Nystérakis ([2]) et nous-mêmes ([3]) à la suite de l'action de Pucerons ou d'Acariens, qui agissent par les auxines qu'ils sécrètent; M. Gautheret ([4]) ne vient-il pas de montrer la reprise de l'activité du parenchyme libérien de *Salix capræa* sous l'action de l'acide indol-β-acétique ou d'une hétéro-auxine; ce parenchyme, normalement inactif, se comporte comme les cellules cambiales.

La production de petits balais de sorcière par les tiges de *Rubus* ne paraît pas avoir été observée en France. Aux États-Unis, Dr. Mel. T. Cook ([5]), à l'aide de cultures et d'inoculations, a attribué la production de fleurs doubles et de balais de sorcière chez différents *Rubus* à *Fusarium Rubi* Wint. Ce champignon, identifié avec *Ramularia Rubi*, hivernerait dans les bourgeons et produirait ses spores dans les fleurs ouvertes. Nous n'avons rien observé d'analogue dans les *Rubus*, qui sont, d'ailleurs, complètement stériles.

([1]) *Ann. Sc. Nat. Bot.*, 8e série, 1, 1895.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 831-832 et *C. R. Soc. Biologie*, 142, 1948, p. 1212-1214.

([3]) *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1098-1100.

([4]) *C. R. Soc. Biologie*, 144, 1950, p. 622-626.

([5]) *Science*, n. s., 31, 1910, p. 751. Résumé d'une Note présentée à la séance du 31 décembre 1909 de l'*American Phytopathological Society*.

Nous pensons plutôt à l'action de Pucerons, dont nous avons constaté la présence constante, de janvier à avril, dans les parties déformées, présence que laissaient déjà présager des fourmis. En plus des désordres bien connus que les Pucerons occasionnent sur les rameaux attaqués postérieurement à leur formation, ils agiraient, et c'est le fait intéressant, sur les bourgeons axillaires, dont les initiales multipliées donneraient naissance à des groupes de rameaux, subissant eux aussi l'action de l'auxine et simulant des balais de sorcière.

C'est aussi l'opinion de M. le professeur Trotter, Spécialiste en Cécidologie, auquel des échantillons de *Rubus* avaient été communiqués par M. Noury, à Buchy (Seine-Inférieure), actuellement l'un des rares Cécidologues français, élève de Cl. Houard. Sans exclure l'action du *Fusarium*, M. Trotter admet que le balai peut être produit exclusivement par l'*Aphis* suivant l'âge de la branche.

Le cas du *Rubus* avec ses petits balais de sorcière est bien différent de celui des plantes soumises à l'action de Pucerons ou d'Acariens, qui, provoquant le développement de bourgeons dormants ou de fleurs en rameaux plus ou moins ramifiés, communiquent à ces plantes un aspect si particulier que certaines ont été prises pour des variétés; c'est le cas de *Medicago ononidea* de Coincy, qui n'est, en réalité, comme l'a montré Molliard, qu'une forme pathologique de *Medicago minima* attaqué par des Pucerons et qui rappelle les *Ononis* déformés par *Eriophyes*.

Le 29 juin 1950, dans l'avenue Lakanal, à Foix, l'un de nous a été frappé par l'aspect anormal que présentaient plusieurs pieds complètement stériles de *Sisymbrium officinale* Scop. : les ramifications, au lieu d'être étalées et de former avec la tige un angle assez grand, presque droit, sont dressées, rapprochées de la tige, communiquant à la plante une forme fastigiée; les feuilles de la base et les siliques sont remplacées par des rameaux courts, portant quelques feuilles normales, petites et terminés par des bouquets de petites lames vertes, mesurant 1^{cm} de longueur et 2 à 3^{mm} de largeur. Tige et rameaux sont plus courts et plus épais que normalement; leur épaississement résulte d'un plus grand développement de tous les tissus, surtout du liber, fait déjà bien connu, et du bois, à l'accroissement duquel participent le parenchyme ligneux et les vaisseaux, dont le nombre et le diamètre augmentent.

En l'absence de tout autre organisme, nous pensons que ces modifications sont le fait, comme dans le *Rubus*, de Pucerons, dont quelques-uns existaient encore fin juin. Ayant attaqué de bonne heure les premières feuilles, ils y déversent l'auxine sécrétée, d'où elle passe dans les rameaux et la tige; les dégâts sont plus ou moins importants suivant la précocité de l'attaque, comme l'indiquent des *Sisymbrium* présentant des rameaux normaux à la base et modifiés au sommet.

ALGOLOGIE. — *Sur les espèces de* Fucus *du bassin d'Arcachon.* Note de MM. **Pierre Dangeard** et **Henri Parriaud.**

Le *Fucus dichotomus*, espèce endémique du bassin d'Arcachon, disparu dans sa station originelle du Cap Ferret, a été retrouvé en deux autres points. Des aérocystes et des conceptacles du type mâle ont été découverts chez le *F. lutarius* de l'île aux Oiseaux. Une station de *F. serratus*, apparemment récente, est signalée.

Plusieurs espèces de *Fucus* trouvent des conditions favorables d'existence dans le bassin d'Arcachon. Du temps de C. Sauvageau qui les a particulièrement étudiés, quatre espèces étaient signalées vivant à l'intérieur du bassin : *Fucus vesiculosus* L., *F. platycarpus* Thuret, *F. lutarius* Kützing, *F. dichotomus* Sauvageau. Cette dernière espèce, découverte au Cap Ferret sur des brandes, était mentionnée comme en voie de disparition (¹).

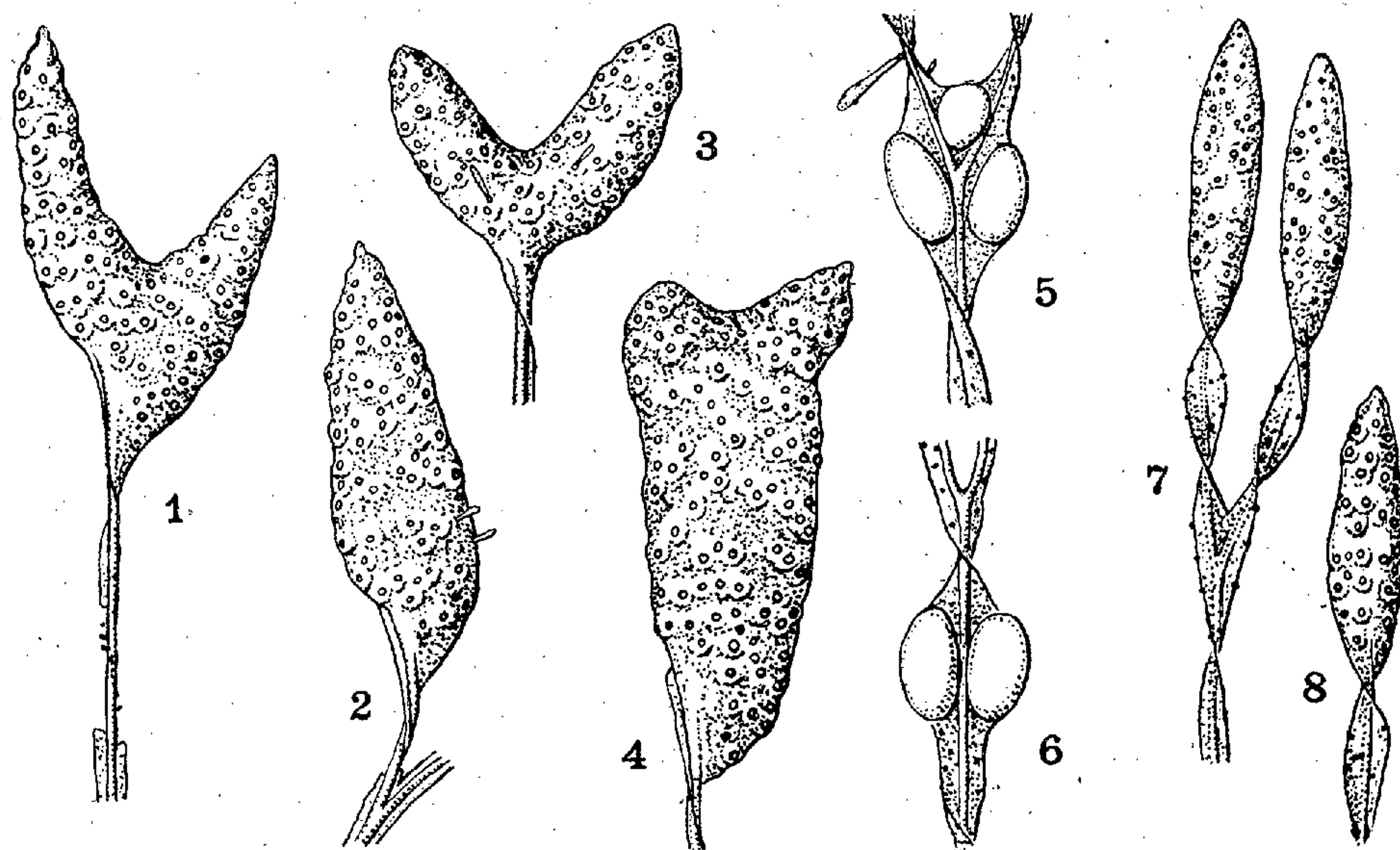
Au cours d'excursions à toutes les saisons sur les rives du bassin dont certaines, en particulier la rive Sud, avaient été très peu explorées par Sauvageau, l'un de nous a constaté l'existence de deux nouvelles stations du *Fucus dichotomus* à Gujan et à l'île aux Oiseaux; par contre nous avons recherché vainement cette espèce dans sa station originelle du Cap Ferret où elle semble donc avoir disparu.

Le *F. dichotomus* de Gujan ne vit pas sur des brandes, mais sur les *Statice* et les Salicornes où il est fixé par un petit disque; celui de l'île aux Oiseaux vit dans les mêmes conditions et aussi sur des brandes qui enclosent les parcs huîtriers.

Le *Fucus lutarius* est toujours très abondant dans les deux stations où Sauvageau l'a signalé, c'est-à-dire d'une part à l'île aux Oiseaux, d'autre part parmi les *Spartina* et autres Phanérogames halophiles à Gujan-Mestras. On sait que ce *Fucus* fructifie rarement et qu'il est très généralement dépourvu d'aérocystes. A Gujan pourtant les réceptacles ne sont pas rares, mais ils renferment seulement des oogones imparfaits comme l'avait déjà souligné Sauvageau, de sorte qu'une reproduction par apogamie est vraisemblable. Par contre, à l'île aux Oiseaux, le *Fucus lutarius* dont Sauvageau avait signalé la stérilité presque totale s'est montré assez fréquemment pourvu de réceptacles dans les récoltes de l'un d'entre nous. Ces réceptacles sont assez gros, lancéolés, aplatis, souvent inégalement bifurqués (*fig.* 1-4); ils sont donc assez différents des réceptacles plutôt cylindriques et étroits du *F. lutarius* de Gujan (*fig.* 7-8); en outre tous ceux que nous avons examinés possèdent des poils ramifiés comme chez les plantes mâles, mais sans anthéridies différenciées; nous n'y avons vu aucun organe femelle. Enfin, ce qui accentue encore les différences entre le *F. lutarius* de l'île aux Oiseaux et celui de Gujan, c'est la présence

(¹) C. Sauvageau, *Bull. Soc. Sc. Arcachon*, **11**, 1908, p. 106; **20**, 1923, p. 25 et 55.

d'aérocystes assez fréquentes chez le premier (*fig.* 5-8). Or il n'avait jamais été mentionné de vésicules chez les *F. lutarius* d'Arcachon, alors qu'on en a signalé sur des exemplaires provenant de diverses autres stations : San-Vicente de la Barquera (Sauvageau), Bréhat (R. Lami).



Les figures 1-6 se rapportent au *F. lutarius* de l'île aux Oiseaux; 7-8 au *F. lutarius* de Gujan; les époques de la récolte étant septembre (1-6), mars (7) et août (8). Gr. nat.

Par ailleurs le niveau du *F. lutarius* de l'île aux Oiseaux coïncide avec celui de *Zostera nana,* tandis que, à Gujan, le niveau est celui de la limite du pré salé à Phanérogames.

Le bassin d'Arcachon semble donc renfermer deux sortes de *F. lutarius* : les uns, établis sur les vasières de l'île aux Oiseaux, pourvus assez souvent de vésicules et possédant des réceptacles aplatis avec des conceptacles stériles du type mâle, apparaissent voisins du *Fucus vesiculosus* dont on peut supposer qu'ils dérivent; les autres, vivant parmi les Phanérogames halophiles à Gujan, ont des réceptacles fusiformes un peu comprimés du type femelle avec des oogones imparfaits et sont entièrement dépourvus d'aérocystes; leur origine aux dépens du *F. vesiculosus* est plus problématique, en tous cas, semble-t-il, plus lointaine.

Les autres *Fucus* du bassin d'Arcachon (*F. vesiculosus* et *E. platycarpus*) dont Sauvageau a étudié la répartition sont intéressants à étudier en raison des formes qu'ils affectent dans les régions du bassin où les apports d'eau douce sont plus ou moins considérables.

On pourrait s'attendre d'autre part à rencontrer le *F. ceranoides* L. sur les bords de la Leyre. Cependant il n'y a jamais été indiqué et nous ne l'y avons

pas rencontré ([2]). Le fait semble assez remarquable si l'on songe que ce *Fucus* est abondant à l'entrée des rivières landaises à Mimizan, Cap Breton et dans l'Adour. En revanche nos recherches dans le bassin d'Arcachon ont amené la découverte d'une cinquième espèce de *Fucus* qui n'y était pas connue du temps de Sauvageau et dont on peut penser par conséquent que l'introduction dans le bassin est récente : il s'agit du *F. serratus* découvert par l'un de nous en un point limité à Arcachon même; en ce point le *F. serratus* est tout à fait typique et il fructifie normalement. La présence de *F. serratus* dans le bassin d'Arcachon est intéressante étant donné que ce *Fucus* n'existe pas sur la côte basque. La station d'Arcachon paraît être ainsi l'habitat le plus méridional de cette espèce sur les côtes atlantiques françaises.

EMBRYOLOGIE. — *Renversement des feuillets dans les phases prégastrulaires de quelques Madréporaires*. Note de M. **Constantin Dawydoff**.

Les observations que nous allons décrire ont été faites en Sud-Annam (Nhatrang) et aux îles de Poulo Condore. Parmi les espèces qui m'ont servi de matériel je nommerai surtout *Seriatopora gracilis* Dana, *Pœcillopora cespitosa* Lam. et *Stylophora* digitata Pall.

Chez tous ces Madréporaires l'œuf est surchargé de réserves deutoplasmiques représentées par d'innombrables sphérules vitellines. Ces dernières sont logées entre les tractus cytoplasmiques issus du cytoplasme central (qui contient le noyau) et dont l'ensemble forme dans la masse vitelline un véritable réseau plasmatique. De même que chez tous les autres Madréporaires la segmentation est superficielle (intravitelline), mais ce processus, ainsi que la différenciation des feuillets germinatifs, présentent chez les espèces mentionnées quelques intéressantes particularités qui méritent une attention spéciale.

Dans ma Note publiée en 1937 ([1]), j'ai déjà supposé que la segmentation de certains Madréporaires (*Goniastrea* et *Favia*) montre une *détermination* des éléments intravitellins provenant du noyau initial de l'ovule. Or, l'étude soigneuse de la segmentation de *Seriatopora* et de *Pœcillopora* ne laisse pour moi à présent aucun doute à ce sujet. En effet, au cours de la segmentation on voit apparaître ici *deux sortes de noyaux* issus du noyau maternel et cette double différenciation dans leur structure histologique se trouve indiscutablement en rapport avec les potentialités réelles, ectodermiques et endodermiques, que manifestent ces deux types d'éléments blastodermiques durant les phases ultérieures de

([2]) Le catalogue de Chantelat (1843), pharmacien à la Teste, signale bien le *Fucus ceranoides* sur les bords du bassin, mais l'on sait que ce catalogue mentionne, sans distinction, les algues indigènes et celles qui sont apportées par le flot.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 378.

l'ontogenèse. En résumé, la segmentation de l'œuf de *Seriatopora* et *Pœcillopora* marche parallèlement avec la formation des feuillets, mais la différenciation de ces derniers se produit chez ces espèces non pas simultanément, comme cela a lieu chez *Favia* et *Goniastrea*, mais *par étapes* et, ajoutons par anticipation, aux périodes de leur formation ils occupent dans l'embryon la situation anormale, renversée.

Durant la première phase de la segmentation, se forme un grand nombre d'éléments intravitellins absolument identiques en ce qui concerne leur aspect extérieur et leur structure cytologique. On a affaire à des éléments très petits, plus ou moins sphériques et qui se colorent très intensément par les colorants nucléophiles. Une fois formés ces éléments se dirigent vers la surface de l'ovule en utilisant pour effectuer leur migration les travées du cytoplasme comprises entre les sphérules vitellines. A un moment donné toute la zone subpériphérique de l'œuf (sa zone superficielle reste occupée par le blastème) se trouve bourrée d'éléments intravitellins de ce type et la région de l'œuf où ils s'installent se différencie en une couche nettement délimitée, continue et généralement très épaisse.

Vient maintenant une seconde phase de la segmentation. Elle se manifeste par la production par la vésicule germinative de l'œuf d'un nouveau contingent d'éléments intravitellins. Or, ces derniers présentent une structure tout à fait différente de celle qui caractérise les éléments blastodermiques de la première série. Les noyaux de cette nouvelle génération sont clairs, beaucoup plus gros, et sont de forme non pas sphérique, mais nettement ovalaire. En plus, ces éléments montrent une attitude toute différente par rapport aux éléments de la première série. On les voit pendant longtemps dispersés en grand nombre dans la partie centrale de la masse vitelline, et même, après avoir atteint la zone subpériphérique, occupée par les petits noyaux de la première catégorie, restent clairsemés et, en tout cas, ne montrent aucune tendance de s'agencer sous cette dernière en une agglomération quelque peu délimitée et cohérente. Notons que chez *Seriatopora* la couche subpériphérique constituée par l'agglomération de petits noyaux n'est pas d'une épaisseur uniforme sur toute son étendue. Elle est toujours plus épaisse dans la demi-sphère aborale de l'ébauche.

En résumé, la segmentation terminée on trouve dans l'embryon deux catégories d'éléments blastodermiques intravitellins qui, initialement, ne se mêlent pas entre eux; les *internes*, gros, ovales, clairsemés dans la masse vitelline, et les *externes*, petits, sphériques, beaucoup plus nombreux et dont l'ensemble très dense constitue autour de la masse vitelline une couche continue. On voit que la segmentation conduit au stade embryonnaire qui rappelle la *perigastrula*, mais dans cette dernière les éléments superficiels quasi ectodermiques, ne se sont pas encore arrangés en un revêtement épithélial. Quoi qu'il en soit, chaque embryologiste qui n'est pas au courant des processus qui vont se

passer dans l'ébauche diploblastique que nous venons de décrire, interprétera inévitablement la couche externe des noyaux comme l'ectoderme et l'agglomération centrale des éléments intravitellins internes, comme l'endoderme. Or, l'analyse ultérieure nous montre que ces déductions quasi légitimes, basées sur les présomptions, seraient erronées. En réalité, c'est l'accumulation désordonnée des gros éléments internes que représente l'ébauche de l'ectoderme et, inversement, la couche externe faite des petits noyaux est appelée à donner l'endoderme. Bref, comme nous l'avons déjà mentionné, *la position des ébauches blastiques aux stades prégastrulaires des Seriatopora et Pœcillopora est renversée.* C'est la gastrulation qui met les feuillets à leur place normale.

Voilà ce qui se passe. A un moment donné vient la phase critique, au cours de laquelle les petits éléments subpériphériques restent sur place, tandis que les gros noyaux ovales appartenant à l'agglomération blastomérique interne, *s'infiltrent à travers la couche sus-jacente* et, devenant externes, se répandent à toute la surface de l'embryon (occupée par le blastème) pour y constituer le revêtement ectodermique épithélial régulier (²). En ce qui concerne les petits éléments blastodermiques, jadis externes et qui sont devenus désormais internes, ils subissent une évolution caractéristique pour l'endoderme en donnant plus tard la paroi de la cavité gastrique. C'est seulement après la mise en place définitive des ébauches blastiques initialement renversées que l'embryon se transforme en une perigastrula normale.

Bref, nous voici en présence des faits très analogues à ceux relatés par Delage et Maas chez les Éponges.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie : 1° un Ouvrage intitulé : *Œuvres scientifiques de Jean Perrin*, édité par le Centre National de la Recherche scientifique et M. Francis Perrin; 2° le *volume jubilaire* de **Jules Bordet**, publié dans les *Annales de l'Institut Pasteur*.

M. **Frederick Stratton** adresse à l'Académie un volume intitulé : *The fifth general assembly of the International Council of scientific Unions held at Copenhagen, September* 14 *th to* 16 *th* 1949. *Reports of Proceedings.*

Les Ouvrages suivants sont présentés :

— par M. **Louis Fage** : Faune de l'Empire français. XIII. *Lépidoptères Rhopalocères de l'Océanie française*, par Pierre Viette.

— par M. **Louis Hackspill** : Pierre Carré. *Précis de technologie et de chimie industrielle*. Tome I. *Les problèmes généraux de l'industrie chimique* (5e édition).

(²) Cette infiltration d'éléments ectodermiques à travers la masse des noyaux endodermiques porte un caractère du processus multipolaire en se produisant sur toute la superficie de l'ébauche.

CORRESPONDANCE.

M. **Edmond Sergent**, au nom de l'**Institut Pasteur d'Algérie**, adresse des condoléances, à l'occasion du décès de M. *Hyacinthe Vincent*.

L'Académie est informée qu'à la suite d'un arrêté de M. le Préfet de la Seine, le nom de **Charles Moureu** sera donné à une rue du XIIIe arrondissement.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° André Tétry. *Le système sanguin rhesus.*

2° Marcel Guichard. *La genèse et la valeur de la connaissance positive.*

3° Supplément à la Flore générale de l'Indochine. Tome I. Fascicule IX. *Ampélidacées, Sapindacées, Staphyléacées, Hippocastanéacées, Bretschneidéracées, Acéracées,* par François Gagnepain.

4° Université de Belgrade. *Sbornik filozofskog fakoulteta*. I.

5° Académie slovène des Sciences et des Arts. Classe des Sciences naturelles et de la Médecine. Institut de Géographie : *Dela*. I.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Application de la solution fondamentale à certains problèmes relatifs à l'équation de Tricomi.* Note (*) de MM. **Paul Germain** et **Roger Bader**, présentée par M. Joseph Pérès.

Les notations étant, sauf indication, les mêmes que dans une précédente Note [1], on construit des solutions fondamentales élémentaires dont on étudie le comportement lorsque le point singulier traverse la ligne parabolique. Ceci permet de caractériser ce qu'il faut entendre par solution fondamentale dans le demi-plan hyperbolique. Quelques applications sont signalées.

1. En explicitant un résultat de notre dernière Note, une solution fondamentale élémentaire au voisinage du point $P(\theta=0,\ \sigma=\sigma_0)$ du demi-plan elliptique, qui devient infinie en P comme $2\pi\sigma_0^{-\frac{1}{2}}\log MP$, est une combinaison

(*) Séance du 20 novembre 1950.

[1] *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1116.

des deux expressions (symétriques en M et P)

$$\mathcal{F}_1(M, P) = -\frac{3^{\frac{2}{3}}\left[\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)\right]^3}{4\pi^2} \frac{F\left(\frac{1}{12}, \frac{7}{12}, \frac{2}{3}, \frac{4s^2 s_0^2}{(s_0^2+\rho^2)^2}\right)}{(s_0^2+\rho^2)^{\frac{1}{6}}},$$

$$\mathcal{F}_2(M, P) = -\frac{4\pi\sigma\sigma_0}{3^{\frac{7}{6}}\left[\Gamma\left(\frac{1}{3}\right)\right]^3} \frac{F\left(\frac{5}{12}, \frac{11}{12}, \frac{4}{3}, \frac{4s^2 s_0^2}{(s_0^2+\rho^2)^2}\right)}{(\rho^2+s_0^2)^{\frac{5}{6}}}.$$

De plus, si l'on considère le demi-cercle (C) $[\rho = R,\ \sigma \geqq 0]$, P un point intérieur à (C) et P_1 son symétrique par rapport à (C), la fonction

$$G(M, P) = \mathcal{F}_2(M, P) - R^{\frac{1}{3}} \rho_P^{-\frac{1}{3}} \mathcal{F}_2(M, P_1),$$

ρ_P désignant la valeur de ρ en P, s'annule sur l'axe des θ et sur (C). C'est donc la fonction de Green de ce domaine; elle permet une résolution explicite du problème de Dirichlet par une formule analogue à celle de Poisson pour une équation de Laplace; d'où une nouvelle méthode pour étudier les problèmes de Dirichlet singuliers envisagés précédemment ([2]). Une combinaison analogue sur $\mathcal{F}_1$ permet de déterminer la solution qui prend des valeurs données sur (C) et dont la dérivée normale est donnée sur le segment $\sigma = 0$, $-R \leqq \theta \leqq R$. Si P tend vers un point de la ligne parabolique, $\mathcal{F}_1$ et la dérivée par rapport à σ_0 de $\mathcal{F}_2$ tendent vers des fonctions limites simples, infinies sur les caractéristiques issues de P et qui constituent respectivement la source et le doublet sur la ligne parabolique. Les solutions du problème de Cauchy, du troisième problème, et du cinquième problème, données précédemment ([3]) s'interprètent comme répartitions convenables de sources et doublets. On posera dans la suite $2H_1 = \mathcal{F}_1 + \mathcal{F}_2$, $2H_2 = \mathcal{F}_1 - \mathcal{F}_2$. Toute solution fondamentale est de la forme $H_1 + kH_2$.

2. Nous allons définir $H_1(M, P)$ et $H_2(M, P)$ lorsque P est dans la région hyperbolique. Soient λ, μ les coordonnées caractéristiques (λ_0, μ_0 celles de P). Il est naturel d'imposer la continuité en P lorsque M reste fixe. Ceci définit sans ambiguïté H_1 et H_2 dans tout le plan (θ, σ), sauf dans les régions $(\lambda \leqq \lambda_0,\ \lambda_0 \leqq \mu \leqq \mu_0)$ et $(\mu \geqq \mu_0,\ \lambda_0 \leqq \lambda \leqq \mu_0)$. D'autre part les caractéristiques issues de $P(\lambda = \lambda_0,\ \mu = \mu_0)$ et leurs réfléchies $(\lambda = \mu_0,\ \mu = \lambda_0)$ sont des lignes singulières le long desquelles la fonction peut devenir infinie comme un logarithme. On détermine univoquement H_1 et H_2 dans les régions réservées plus haut en cherchant à obtenir le même comportement de la partie infinie sur les lignes singulières, ceci pour permettre comme on sait une application

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1824.
([3]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 268.

aisée de la formule de Green ([3]). $H_1(M, P)$ et $H_2(M, P)$ sont alors définies pour tout couple M, P. H_1 est finie mais discontinue sur les caractéristiques de P, et infinie sur les réfléchies; H_2 infinie sur les caractéristiques de P, finie et discontinue sur les réfléchies. On peut établir

THÉORÈME. — *Étant donné un domaine* $(\mathcal{D})$ *fermé, dont la frontière hyperbolique est coupée en un point au plus par une caractéristique, et une solution de l'équation de Tricomi* ψ, *l'application de la formule de Green à* $H_1 + kH_2$ *et à* ψ *permet d'exprimer* $\psi(P)$ *en fonction des valeurs de* ψ *et de ses dérivées premières sur la frontière, quel que soit* P *dans* $(\mathcal{D})$. *De plus* $\iint_{\mathcal{D}} f(M)\,H_1(M, P)\,dM$ *est une solution dans* $(\mathcal{D})$ *de l'équation*

$$T(\psi) = \sigma\psi_{\theta^2} + \psi_{\sigma^2} = f(\theta, \sigma).$$

3. Les résultats précédents ne sont pas entièrement satisfaisants car les fonctions formées n'ont pas le même type de singularités. Cette difficulté disparaît si l'on construit des solutions ayant les propriétés précédentes, mais n'admettant de singularités que pour des valeurs de θ inférieures (ou supérieures) à l'abscisse de P. Soient par exemple P_2 et P_3 les points des caractéristiques $\lambda = \lambda_0$, $\mu = \mu_0$ d'ordonnée σ_1 et σ_0 l'ordonnée de P, la fonction

$$\mathcal{H}_1(M, P) = H_1(M, P) - \lim_{\sigma_1 \to \infty} \left\{ \sigma_1^{\frac{1}{4}} \sigma_0^{-\frac{1}{4}} [H_1(M, P_3) - H_1(M, P_2)] \right\}$$

ne devient infinie que sur la caractéristique $\mu = \lambda_0$ et discontinue que sur les caractéristiques $\lambda = \lambda_0(\lambda_0 \leqq \mu \leqq \mu_0)$ et $\mu = \mu_0(\lambda \leqq \lambda_0)$. La fonction $\mathcal{H}_2$ que l'on forme par le même procédé est partout finie et continue. Par suite, toutes les solutions $\mathcal{H}_1 + k\mathcal{H}_2$ ont les mêmes singularités. Ce sont elles qu'il convient d'appeler fondamentales pour les points P du demi-plan hyperbolique, le théorème précédent restant valable.

4. Appliquons ces considérations au problème de Tricomi où l'on se donne les valeurs de ψ sur un arc (Γ) du demi-plan elliptique, coupant $\sigma = 0$ aux points d'abscisses $-R$ et $+R$, et sur la caractéristique $\lambda = -R(-R \leqq \mu \leqq R)$. Si l'on admet l'existence de la solution, quel que soit P à l'intérieur du domaine D connexe limité par (Γ), $\mu = R$, $\lambda = -R$, on peut construire une fonction de Green $\mathcal{G}(M, P)$ s'annulant sur (Γ) et $\mu = R$, et l'on a les propriétés suivantes :

a. L'application de la formule de Green à une solution ψ *et à* $\mathcal{G}(M, P)$ *permet d'exprimer* $\psi(P)$ *en fonction des données de Tricomi;*

b. $\iint_{D} f(M)\,\mathcal{G}(M, P)\,dM$ *est la solution de* $T(\psi) = f$ *lorsque les données de Tricomi sont identiquement nulles;*

c. $\mathcal{G}(P, M)$ *est la fonction de Green du problème de Tricomi associé (les données sur* $\lambda = -R$ *sont remplacées par celles sur* $\mu = R$).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les critères de conservation de classe et les familles de fonctions fermées au sens de la convergence simple.* Note de M. **Léon Motchane**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Une nouvelle définition de quasi-continuité permet de fixer diverses conditions d'appartenance à la classe I des limites des suites convergentes de fonctions mesurables B, approximativement continues, de fonctions dérivées. Une extension et une métrique convenable permettent de trouver des familles de fonctions formant des sous-espaces compacts au sens de la convergence simple.

Définitions. — Soit $g(x)$ mesurable B, définie sur $(0, 1)$, $P \subset (0,1)$ un encemble parfait quelconque et E_P, l'ensemble résiduel maximal de P, où $g(x)$ est continue relativement à P. Par définition

$$\underline{\omega}^c(E_P, x_0) \quad \text{ou} \quad \underline{\omega}^c = \liminf_{x \to x_0} |g(x) - g(x_0)|,$$

x parcourant E_P; de même

$$\overline{\omega}^c = \limsup_{x \to x_0} |g(x) - g(x_0)|, \qquad x \in E_P.$$

Soit P parfait; par définition $g(x)$, telle qu'en tout point $\underline{\omega}^c(E_P, x) = 0$, est quasi-continue sur P; $g(x)$ est alors ponctuellement discontinue sur P. Si $\underline{\omega}^c(E_P, x) = 0$ pour P quelconque, $g(x)$ est de première classe et quasi-continue sur tout ensemble parfait.

Soit $h(x)$ une fonction quelconque définie sur $(0,1)$. Posons

$$\overline{\omega}^r(x_0) = \limsup_{x \to x_0} |h(x) - h(x_0)|.$$

1. *Critères de conservation de classe.* — Théorème I. — *La limite d'une suite convergente de fonctions quasi-continues sur un* P *parfait est ponctuellement discontinue sur* P.

Corollaire. — *La limite d'une suite convergente de fonctions quasi-continues sur tout ensemble parfait est de première classe.*

Définition. — $\underline{\omega}^c_n(E_P, x)$, désignera $\underline{\omega}^c$ relative à g_n sur E_P, $n = 1, 2, \ldots$, et $\mathcal{E}_P$ résiduel maximal commun à la suite des E_P relatifs aux g_n.

Théorème II. — *Pour que la limite $g(x)$ d'une suite convergente $\{g_n(x)\}$ de fonctions de première classe soit de première classe, il faut et il suffit que sur chaque* P, *pour tout* $\varepsilon > 0$, *l'ensemble des x*, $E_x\left[\limsup_{n \to \infty} \underline{\omega}^c_n(\mathcal{E}_P, x) \geqq \varepsilon\right]$ *soit non dense sur* P. *On a donc* $\limsup \underline{\omega}^c = 0$ *sur un résiduel de* P.

Ce théorème a été démontré indépendamment et presque en même temps par M. Choquet qui se sert de $\overline{\omega}^c$ à la place de $\underline{\omega}^c$, ce qui est équivalent. Voici son énoncé ([1]) : *Pour que* $g(x)\lim$ *de* $\{g_n(x)\}$ *de première classe soit de première*

([1]) Publié avec l'accord de M. Choquet.

classe, il faut et il suffit que $\varphi(x) = \limsup_{n\to\infty} \bar{\omega}_n^c$ *soit de première classe et nulle en ses points de continuité.*

Pour les fonctions *mesurables* B *de classes quelconques* on a le

THÉORÈME III. — *Pour que la fonction* $g(x) = \lim g_n(x)$, *les* g_n *étant mesurables* B, *soit de première classe, il suffit que pour tout* P *l'ensemble des* x, $E_x\left[\limsup_{n\to\infty} \omega_n^c(\mathcal{E}_P, x) \geq \varepsilon\right]$ *soit, pour tout* $\varepsilon > 0$, *non dense sur* P.

La fonction $\bar{\omega}_n^c(x)$ relative à $h_n(x)$, $n = 1, 2, \ldots, h_n(x)$ étant *quelconque* permet d'énoncer le

THÉORÈME IV. — *Pour que la limite* $h(x)$ *d'une suite convergente* $\{h_n(x)\}$ *de fonctions quelconques soit de première classe, il suffit que* $S(x) = \limsup_{n\to\infty} \bar{\omega}^c(x)$ *soit de première classe et nulle en ses points de continuité.*

C'est la généralisation d'un théorème de M. Choquet ([2]).

THÉORÈME V. — *Les fonctions remplissant la condition de Darboux et dont l'ensemble de points de discontinuité remplit celle de Banach sont quasi-continues sur* (0, 1).

COROLLAIRE 1. — *La limite d'une suite convergente de fonctions* approximativement continues *ou de* fonctions dérivées *dont l'ensemble de points de discontinuité remplit la condition de Banach est ponctuellement discontinue sur* (0, 1).

COROLLAIRE 2. — *La limite d'une suite convergente de fonctions dérivées (ou approximativement continues) dont l'ensemble de discontinuités est dénombrable est ponctuellement discontinue sur* (0, 1).

2. *Familles fermées de fonctions.* — Par définition une famille $\mathcal{F}(g)$ de fonctions sera dite équi-quasi-continue si pour tout $\varepsilon > 0$ et pour tout voisinage V de tout point x_0, il existe un sous-intervalle indépendant de g, $i \subset V$, tel que $|g(x_0) - g(x)| < \varepsilon$, $x \in i$, $g \in \mathcal{F}$.

THÉORÈME VI. — *De toute famille infinie de fonctions équi-quasi-continues bornée en tout point sur* (0,1) *on peut extraire une suite convergente. La limite de cette suite est quasi-continue sur* (0,1) ([3]).

THÉORÈME VII. — *Pour que la limite d'une suite de fonctions de première classe soit quasi-continue, il faut et il suffit que la suite soit équi-quasi-continue sauf, en chaque point, au plus pour un nombre fini de termes.*

Avec les définitions convenables, les théorèmes VI et VII sont valables pour d'autres familles, par exemple celles de fonctions équi-approximativement continues en chaque point. On montre que la convergence sur un ensemble dénombrable $\{a_n\}$ partout dense sur un résiduel de (0,1) entraîne la convergence partout des suites de fonctions appartenant à des familles du type $\mathcal{F}$.

([2]) *Journ. Math.*, **26**, 1947, p. 124.

([3]) Ce théorème est une généralisation du théorème connu sur les *familles normales* de fonctions analytiques de M. P. Montel.

Introduisons une métrique (suggérée par M. Choquet). Soit $g_1 \in \mathcal{F}$ et $g_2 \in \mathcal{F}$, posons pour tout i entier et $a_i \in \{a_n\}$

$$d_{ai} = \frac{|g_1(a_i) - g_2(a_i)|}{1 + |g_1(a_i) - g_2(a_i)|} \quad \text{et} \quad \delta[g_1, g_2] = \sum_i \frac{d_{ai}}{2^i}.$$

$\delta[g_1, g_2]$ définit la distance des points g_1, g_2, d'un espace abstrait. A l'aide de cette métrique les sous-espaces de fonctions équi-quasi-continues et bornées en un point au moins (ou approximativement continues, etc.) sont des sous-espaces pré-compacts au sens de la convergence simple. On met en évidence qu'une suite convergente de fonctions continues n'est pas nécessairement équi-quasi-continue ni équi-approximativement continue. Il existe évidemment des sous-espaces compacts au sens de la convergence simple ne contenant *aucune suite qui converge uniformément*. Dans une prochaine publication, nous donnerons la caractérisation de tous les espaces compacts au sens de la convergence simple.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Deux nouveaux exemples de processus stochastiques*. Note de M. **Paul Lévy**, présentée par M. Maurice Roy.

Il s'agit de processus markoviens et stationnaires pour un système ayant une infinité dénombrable d'états possibles. Sans revenir ici sur une théorie générale déjà esquissée ailleurs (¹) et qui fera l'objet d'un travail plus étendu, nous nous proposons de montrer par ces exemples la possibilité de circonstances assez curieuses.

Rappelons qu'à chaque état A_h correspond un coefficient $\mu_h \geq 0$ tel que la durée de chaque passage à cet état soit $\mu_h X$, avec $\Pr\{X > x\} = e^{-x} (x > 0)$. Si μ_h est infini, l'état A_h est *final*; si $\mu_h = 0$, il est *éphémère* (ou *mort-né*). L'indice de l'état du système à l'instant t sera désigné par $H(t)$.

Premier exemple. — Établissons une correspondance biunivoque entre les états A_h et les nombres rationnels r_h, et supposons ces états sûrement parcourus dans l'ordre des r_h croissants. Supposons tous les μ_h positifs, la somme $S(\rho') - S(\rho)$ de ceux qui correspondent aux $r_h \geq \rho$ et $< \rho' (\rho' > \rho)$ étant finie, mais devenant infinie si ρ' ou $-\rho \to +\infty$. r_h devient une fonction monotone $R(t)$, variant presque sûrement avec t de $-\infty$ à $+\infty$, et ayant un palier chaque fois qu'elle atteint une valeur r_h. L'ensemble E des t pour lesquels $R(t)$ est irrationnel est un ensemble parfait discontinu. Nous le supposerons essentiellement de mesure nulle; autrement on ne pourrait pas considérer les A_h comme les seuls états possibles.

A chaque nombre irrationnel ρ correspond alors un état éphémère, dont

(¹) *Comptes rendus*, 231, p. 467, 1950 et Communication au *Congrès de Cambridge* (Mass.), 1950.

nous dirons que c'est un état *fictif*. D'une manière générale nous dirons que certains états sont *fictifs* si, non seulement chacun d'eux, mais leur ensemble, ne joue aucun rôle dans la définition du processus par les probabilités de passage. Ces états n'en interviennent pas moins dans l'étude de l'évolution du système, comme fermeture de l'ensemble des états réels dans une topologie où deux états sont considérés comme voisins si le passage de l'un à l'autre en un temps très court est très probable. On remarque que cette définition n'est pas symétrique. *Ce qui est remarquable dans l'exemple précédent, c'est l'existence d'une infinité non dénombrable d'états fictifs.* Aux instants où ils sont réalisés, ni $H(t-0)$ ni $H(t+0)$ n'existent.

Deuxième exemple. — Le second système étudié comportera un état éphémère A_0, et des états d'indices positifs, avec des μ_h positifs et de somme finie. Alors, si les probabilités de passage $p_{h,k}$ [2] le permettent, la suite des états A_h pourra être décrite en un temps fini. Nous supposerons, $p_{1,0}=1$, et, si $h>1$, $p_{h,0}=\alpha_h>0$, $p_{h,h-1}=1-\alpha_h$. Nous poserons

$$\varphi(h)=(1-\alpha_2)(1-\alpha_3)\ldots(1-\alpha_h) \text{ (pour } h>1\text{) et } \varphi(1)=1.$$

D'autre part, pour chaque racine de $H(t)=0$, on aura $H(t+0)=\infty$.

Si $\Sigma\alpha_h<\infty$, donc $\varphi(\infty)>0$, on obtient un processus relativement simple. A première vue, l'hypothèse contraire semble impossible; le système chassé de l'état A_0 n'a aucune possibilité d'arriver à un autre état A_h; la probabilité qu'il y arrive est nulle. Mais on échappe à cette objection si le système peut en un temps fini faire une infinité non dénombrable de tentatives pour quitter l'état A_0, et réussir une infinité dénombrable de fois. Cela est possible si $s=\sum_1^\infty \mu_h/\varphi(h)$ est fini.

On a alors un processus ayant les caractères suivants : les racines de $H(t)$ forment un ensemble parfait discontinu E. Dans chacun des intervalles e' dont la réunion est le complémentaire E' de E, $H(t)$ décroît de $+\infty$ à un minimum m. On peut presque sûrement définir un paramètre τ, continu et croissant sur E, constant sur chaque e' et tel en outre que : si $N_h(\tau_1)-N_h(\tau_0)=N_h$ est le nombre des e' pour lesquels $m\leqq h$ et $\tau_0\leqq\tau<\tau_1(\tau_1>\tau_0)$, le produit $N_h\varphi(h)$ tend, pour h infini, vers $\tau_1-\tau_0$.

Supposons que la mesure de la section $\tau_0\leqq\tau<\tau_1$ de E ait la valeur certaine $c(\tau_1-\tau_0)(c\geqq 0)$. La mesure de la section correspondante de E' est une variable aléatoire dépendant d'une loi bien déterminée par la donnée des μ_h, des α_h, et de τ_0 et τ_1; sa valeur probable est $(\tau_1-\tau_0)s$, et, pour τ_1 infini et τ_0 fixe, elle est presque sûrement équivalente à cette valeur probable.

---

[2] Nous désignons ainsi la probabilité que, à l'instant où le système quitte l'état A_h, il prend l'état A_k.

Si $c=0$, l'état A_0 peut être considéré comme fictif. Mais, si $c>0$, *cet état, quoique éphémère, est presque sûrement réalisé sur un ensemble parfait discontinu* E, *de mesure positive*, la section de E intérieure à l'intervalle $(0, t)$ ayant une mesure presque sûrement équivalente, pour t infini, à $ct/(c+s)$. *La probabilité de réalisation* $P_{h,0}(t)$ *de cet état est toujours positive*, et tend pour t infini vers $c/(c+s)$.

GÉNÉTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Influence du degré de dominance du caractère primaire sur l'évolution d'une population soumise à une loi d'union sélective particulière.* Note de M. **Henri Marchand**, présentée par M. Émile Borel.

Les résultats établis dans une Note précédente ([1]) dont nous conservons les notations montrent que la population tend vers un équilibre asymptotique avec coexistence des deux allèles si l'optimum est tel que

$$\frac{(1-d)}{2} < h < \frac{(1+d)}{2} \quad \text{ou encore} \quad \alpha\frac{(1+d)}{2} < \underline{O} < \alpha\frac{(3+d)}{2}.$$

L'amplitude de cet intervalle est indépendante de d. La valeur médiane est déplacée, du fait de la dominance, d'une quantité proportionnelle à d vers la valeur du caractère correspondant au gène dominant.

Effet de la dominance sur la valeur asymptotique de p. — L'étude de β considéré comme fonction de d et les résultats précédemment établis conduisent aux conclusions suivantes :

Si $h \leqq -(1/2)$: il y a fixation asymptotique du gène a quel que soit d.

Si $-(1/2) < h < O$: la dominance entraîne une diminution de la fréquence asymptotique du gène A, allant jusqu'à la fixation du gène a si le taux de dominance d est assez élevé ($d > 1+2h$).

Si $O < h \leqq (1/2)$: il y a, quel que soit le taux de dominance excepté si ($d=1$), un équilibre asymptotique avec coexistence des deux allèles. Mais le tableau suivant montre qu'un faible degré de dominance ($O < d < 2h$) entraîne une diminution de la fréquence limite du gène A, avec un minimum pour $d=h$; un fort degré de dominance ($d > 2h$) produit au contraire une augmentation de la fréquence limite allant jusqu'à la fixation du gène A pour la dominance complète.

Pour un degré de dominance $d=2h$, la fréquence limite est la même que s'il n'y avait pas de dominance.

d	O		h		$2h$		1
β	$\frac{1}{2}+h$	$\searrow$	$\frac{1}{2}+\frac{h}{(1+h^2)}$	$\nearrow$	$\frac{1}{2}+h$	$\nearrow$	1

([1]) Cf. *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1029.

Si $1/2 < h < 1$: il y a fixation asymptotique du gène A pour un faible degré de dominance. Mais si $d > 2h - 1$, il y a équilibre asymptotique entre les deux allèles, avec un minimum de β pour $d = h$.

Si $h \geq 1$: il y a fixation asymptotique du gène A quel que soit d.

Cas particulier : $h = 0$. — La fréquence limite β est $1/2$ quel que soit d, excepté si $d = 1$; nous avons vu que, dans le cas de la dominance complète, la population est alors en état d'équilibre instable.

Effet de la dominance sur la vitesse d'évolution de la population. — L'intégration de la différence première $\Delta p = kp(p-1)(p-\beta)$ se ramène sensiblement à la quadrature :

$$kt = \int_{p_0}^{p} \frac{dp}{p(p-1)(p-\beta)},$$

l'unité de temps étant la génération.

D'où, si $d \neq 1$,

$$kt = \frac{1}{\beta} \mathrm{L} \frac{p}{p_0} + \frac{1}{1-\beta} \mathrm{L} \frac{1-p}{1-p_0} + \frac{1}{\beta(\beta-1)} \mathrm{L} \frac{p-\beta}{p_0-\beta}. \tag{1}$$

Comparons les trois cas où l'équilibre asymptotique est le même qu'il y ait dominance ou non :

Si $h < -1/2$: p tend vers 0 comme $e^{\beta kt}$; comme βk est < 0 et fonction décroissante de d, la dominance augmente asymptotiquement la rapidité de fixation du gène a.

Si $h > (d+1)/2$: $(1-p)$ tend vers O comme $e^{(1-\beta)kt}$; comme $(1-\beta)k$ est $<$ O et fonction croissante de d, la dominance retarde la fixation du gène A.

Soit $h = d/2$: La fréquence asymptotique $\beta = (1+d)/2$ est alors la même que s'il n'y avait pas de dominance. $|p-\beta|$ tend vers O comme la fonction $e^{\beta(\beta-1)kt}$. Or si k_0 est la valeur de k correspondant à l'absence de dominance, on a

$$k = k_0 = 2\mu\alpha^2,$$

ce qui montre que la rapidité asymptotique d'évolution est la même s'il y a dominance que s'il n'y en a pas.

Cas de la dominance complète : $d = 1$, $\beta = 1$, $\Delta p = kp(p-1)^2$. — La quadrature

$$kt = \int_{p_0}^{p} \frac{dp}{p(p-1)^2}$$

donne

$$kt = \frac{1}{1-p} + \mathrm{L} \frac{1-p_0}{1-p} + \mathrm{L} \frac{p}{p_0} - \frac{1}{1-p_0}.$$

Si $h <$ O, k est $<$ O et p tend vers 0 comme la fonction e^{kt}. Mais si $h >$ O,

on a asymptotiquement :

$$1 - p \sim \frac{1}{kt}.$$

La disparition du gène a s'effectue asymptotiquement suivant une loi harmonique.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Les mouvements ondulatoires de la mer sur une plage.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Henri Villat.

Application de la méthode de Green à l'étude des mouvements ondulatoires de la mer sur une plage.

Le mouvement de la mer, supposé irrotationnel, est rapporté au système d'axes $Oxyz$, Oy vertical. Le plan xOz est la surface libre, $y + x\operatorname{tg}\alpha = 0$ $(x > 0)$ est l'équation de la plage et l'on désigne par $\Phi(x, y, z, t)$ le potentiel.

I. *Recherche des solutions de la forme* $\Phi = e^{i\sigma t}\varphi(x, y)$. — Par la transformation $x + iy = e^{\xi + i\eta}$ et posant $\chi(\xi, \eta) = \varphi(e^{\xi}\cos\eta, e^{\xi}\sin\eta)$, on est conduit à résoudre

$$\frac{\partial^2\chi}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2\chi}{\partial\eta^2} = 0 \quad \text{dans la bande } -\alpha < \eta < 0,$$

$$\frac{\partial\chi}{\partial\eta} = \frac{\sigma^2}{g} e^{\xi}\chi \quad \text{sur } \eta = 0,$$

$$\frac{\partial\chi}{\partial\eta} = 0 \quad \text{sur } \eta = -\alpha.$$

On obtient pour ce problème une fonction de Green en posant

$$G(\xi, \eta; \xi', \eta') = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{-n\frac{\pi}{\alpha}|\xi-\xi'|}}{n} \cos n\frac{\pi}{\alpha}\eta \cos n\frac{\pi}{\alpha}\eta'$$

ou

$$G(\xi, \eta; \xi', \eta') = -\operatorname{Re} L\left(1 - e^{-\frac{\pi}{\alpha}[|\xi-\xi'| + i(\eta+\eta')]}\right)\left(1 - e^{-\frac{\pi}{\alpha}[|\xi-\xi'| + i(\eta-\eta')]}\right).$$

En ajoutant membre à membre les équations qui traduisent la transformation par la formule de Green des intégrales $\iint (G\Delta\chi - \chi\Delta G)\, d\xi'\, d\eta'$ étendues aux domaines I et II, on trouve :

$$\chi(\xi, \eta) - \frac{\sigma^2}{g\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} G(\xi, \eta; \xi', 0)\, e^{\xi'}\chi(\xi', 0)\, d\xi' - \frac{1}{\alpha}\int_{-\alpha}^{0} \chi(\xi, \eta')\, d\eta' = 0.$$

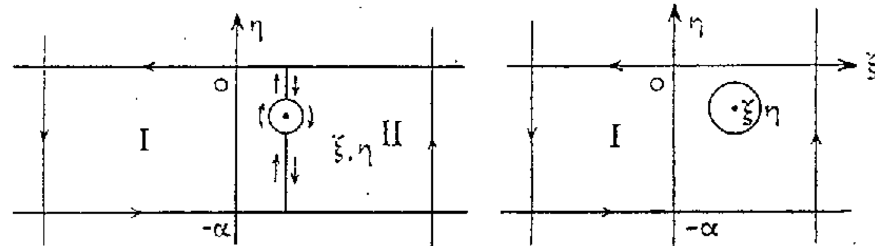
L'étude de cette équation montre que, le potentiel au sein du fluide est alors

(*) Séance du 23 octobre 1950.

défini par

$$(1) \qquad \chi(\xi, \eta) = \chi(\xi) + \frac{\sigma^2}{g\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} [G(\xi, \eta; \xi', 0) - G(\xi, 0; \xi', 0) e^{\xi'}\chi(\xi')\, d\chi',$$

$\chi(\xi)$ désignant le potentiel à la surface libre dont la détermination fera l'objet d'une Note ultérieure.



II. *Recherche des solutions de la forme* $\Phi = e^{i(kz+\sigma t)}\varphi(x, y)$. — L'emploi de la transformation $x + iy = e^{\xi+i\eta}$ conduit aux équations

$$\frac{\partial^2\chi}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2\chi}{\partial y^2} - k^2 e^{2\xi}\chi = 0 \qquad \text{dans la bande } -\alpha < \eta < 0,$$

$$\frac{\partial\chi}{\partial y} = \frac{\sigma^2}{g} e^{\xi}\chi \qquad \text{sur } \eta = 0,$$

$$\frac{\partial\chi}{\partial\eta} = 0 \qquad \text{sur } \eta = -\alpha;$$

on suppose qu'au voisinage de l'origine $\varphi = \varphi_1(x, y)\, \mathrm{L}r + \varphi_2(x, y)$ $(r = \sqrt{x^2+y^2})$, φ_1 et φ_2 et leurs dérivées du premier ordre étant régulières. Soit $A = \varphi_1(0, 0)$.

On trouve pour ce problème la fonction de Green

$$G(\xi, \eta; \xi', \eta') = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} K_n(ke^{\xi}) I_n(ke^{\xi'}) \cos n(\eta + \alpha) \cos n(\eta' + \alpha)$$

ou

$$G(\xi, \eta; \xi', \eta') = \frac{1}{2}\left\{ K_0\left[k\sqrt{e^{2\xi} + e^{2\xi'} - 2e^{\xi+\xi'}\cos(\eta + \eta' + 2\alpha)}\right] + K_0\left[k\sqrt{e^{2\xi} + e^{2\xi'} - 2e^{\xi+\xi'}\cos(\eta - \eta')}\right]\right\}$$

K_n et I_n désignent les fonctions de Bessel d'argument imaginaire d'ordre n.

Le calcul de l'intégrale

$$\iint [G(\Delta\chi - k^2 e^{2\xi'}\chi) - \chi(\Delta G - k^2 e^{2\xi'} G)]\, d\xi'\, d\eta',$$

étendue au domaine I donne

$$(2) \quad \chi(\xi, \eta) = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left[\frac{\sigma^2}{g} e^{\xi'} G(\xi, \eta; \xi; 0) - \frac{\partial G}{\partial\eta'}(\xi, \eta; \xi', 0)\right]\chi(\xi', 0)\, d\xi' - \frac{\alpha A}{\pi} K_0(ke^{\xi}),$$

d'où on tire en faisant tendre η vers zéro :

$$(3) \qquad \chi(\xi, 0) = \frac{1}{\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}\left\{[K_0(k\lambda) + K_0(k\mu)]\frac{\sigma^2}{g} - \frac{ke^{\xi}\sin 2\alpha}{\lambda} K_0'(k\lambda)\right\} \times e^{\xi'}\chi(\xi', 0)\, d\xi' - \frac{2\alpha}{\pi} A K_0(ke^{\xi}),$$

$$\text{avec} \quad \lambda^2 = e^{2\xi} + e^{2\xi'} - 2e^{\xi+\xi'}\cos 2\alpha, \qquad \mu = e^{\xi} - e^{\xi'}.$$

Intégration dans le cas $\alpha = \pi/2$. En revenant à la variable x on obtient

$$\varphi(x) = \frac{\sigma^2}{g\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} K_0(k\,|x'-x|)\,\varphi(x')\,dx' - A K_0(k\,|x|).$$

L'équation homogène a pour seule solution

$$\varphi = C\cos\left(\sqrt{\frac{\sigma^4}{g^2} - k^2}\,x\right) \qquad \text{si} \quad |k| < \frac{\sigma^2}{g}.$$

Si l'on pose $\bar{\varphi}(w) = \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-iwx}\varphi(x)\,dx$, l'équation complète donne

$$\bar{\varphi}(w) = \frac{A\pi}{\dfrac{\sigma^2}{g} - \sqrt{w^2 + k^2}},$$

d'où l'on tire aisément $\varphi(x)$.

Notons que si φ_1 et φ_2 sont deux solutions qui présentent la même singularité à l'origine, on a nécessairement

$$\varphi_2 - \varphi_1 = C\cos\left(\sqrt{\frac{\sigma^4}{g^2} - k^2}\,x\right).$$

RADIO-ASTRONOMIE. — *Comparaison des rayonnements radioélectriques reçus du Soleil sur deux fréquences voisines.* Note (*) de MM. **Émile-Jacques Blum** et **Jean-François Denisse**, présentée par M. André Danjon.

Le Soleil va traverser au cours des prochaines années une longue période d'activité réduite, qui correspond au minimum de son cycle undécennal. En vue d'étudier la répartition spectrale de son rayonnement radioélectrique *de faible intensité* qui sera le plus fréquent pendant cette période, on s'est d'abord proposé d'observer simultanément la radiation solaire sur deux fréquences voisines : 156 et 164 Mc/sec.

Les deux récepteurs très soigneusement stabilisés ont une largeur de bande de 2 Mc/sec; ils utilisent un aérien commun composé d'un système d'antenne à large bande passante (155 à 175 Mc/sec) placé au foyer du miroir parabolique du C. N. R. S. (diamètre $7^m,50$), installé à Marcoussis.

Les niveaux de rayonnement sont inscrits simultanément sur des enregistreurs à bande de papier dont la vitesse de déroulement maxima est de 1 mm/sec. Des enregistrements ont été obtenus au cours de la période particulièrement inactive qui s'étend du 10 octobre au 10 novembre 1950. Leur comparaison conduit aux résultats suivants :

a. Les longues périodes de calme qui persistent plusieurs jours sont communes aux deux fréquences; l'intensité du rayonnement est alors tout à fait

(*) Séance du 20 novembre 1950.

stable, et sensiblement égale sur les deux longueurs d'onde. Les fluctuations lentes qu'elles présentent d'un jour à l'autre n'excèdent certainement pas 20 % de la valeur moyenne qui est de l'ordre de 4 à 5.10^{-22} W/m²/c/sec. Au cours de ces périodes, des sursauts isolés (quelques-uns par jour) apparaissent *simultanément* sur les deux enregistrements. Leurs intensités sont du même ordre et elles doublent approximativement celle du niveau calme. Toutefois la structure détaillée de ces sursauts varie d'une fréquence à l'autre et l'on ne saurait définir leur simultanéité à moins de 1 ou 2 secondes près. Leur durée est variable et peut atteindre plusieurs dizaines de secondes.

Exceptionnellement, on a observé des sursauts comparables aux précédents, de structure analogue sur les deux fréquences et décalés dans le temps de 5 à 6 secondes, le sursaut apparaissant d'abord sur 164 Mc/sec.

b. Des orages radioélectriques de faible intensité (variabilité 1) ont été également enregistrés pendant plusieurs jours. Ils correspondent à l'existence, à la surface du disque solaire, de taches dont l'activité est cotée 2 par l'observatoire de Meudon. Ces petits orages se composent d'une succession plus ou moins rapide de sursauts d'intensité variable : certains atteignent plusieurs fois le niveau de base. Au cours de l'orage, l'intensité du rayonnement, entre les sursauts, redevient celle du niveau calme; celui-ci ne paraît pas affecté par l'émission orageuse qui semble simplement lui être superposée.

Les sursauts qui constituent ces orages se distinguent nettement des sursauts isolés dont nous avons parlé précédemment. Leur apparition sur les deux fréquences semble en effet *incohérente*, les coïncidences sont *exceptionnelles* et peut-être fortuites. Les enregistrements sur les deux fréquences sont tout à fait dissemblables (*fig.* 1)

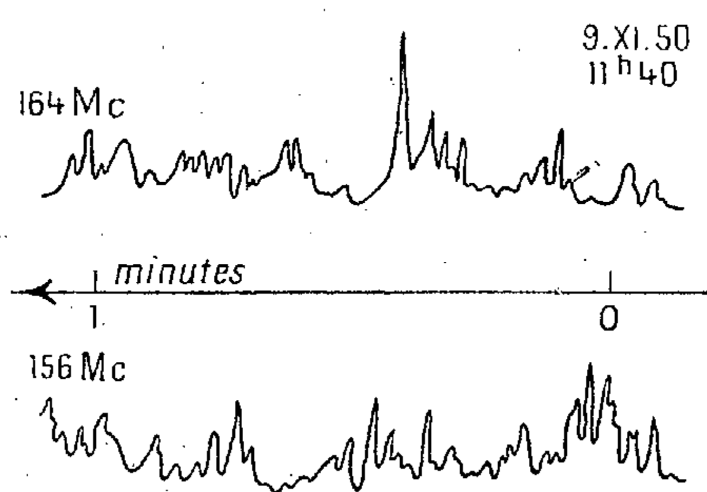


Fig. 1.

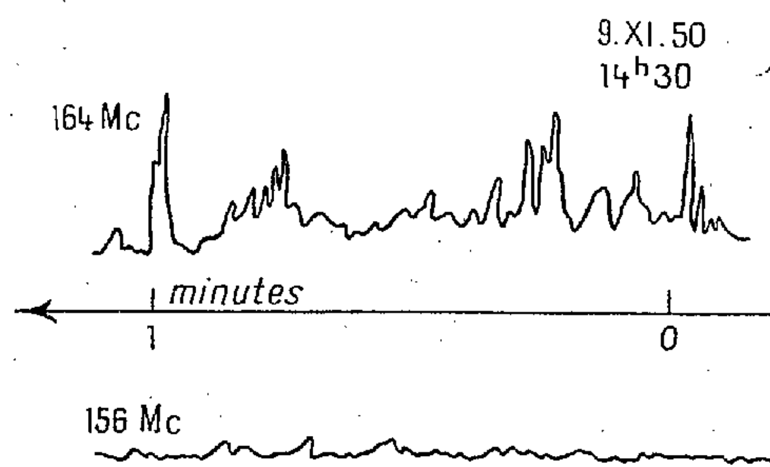


Fig. 2.

A première vue, il n'y aurait aucune relation systématique entre les deux : tout au plus, peut-on dire que les périodes générales d'activité se correspondent assez souvent, l'agitation sur 164 Mc/sec paraissant plus fréquente que sur 156 Mc/sec.

Ces résultats montrent que l'énergie rayonnante reçue au cours d'un sursaut est certainement contenue dans une bande de fréquence très étroite, *au plus*

égale à quelques mégacycles. Ceci est en accord avec des observations effectuées dans une autre région du spectre, sur des sursauts de grande intensité [1] [2].

c. Au cours de ces orages, on a observé en quelques occasions un phénomène d'extinction sélective de longue durée : quelques dizaines de minutes. Pendant que l'agitation persiste sur 164 Mc/sec, elle s'affaiblit beaucoup en intensité sur 156 Mc/sec tout en gardant le même caractère, cependant que le niveau de base se maintient à la même valeur (*fig.* 2). Tout se passe comme si la source de la perturbation était momentanément obscurcie par un nuage absorbant le rayonnement de plus basse fréquence.

MAGNÉTISME. — *Étude thermomagnétique des boroferrites.* Note de M. **René Benoit**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le boroferrite ferreux a été préparé pour la première fois par L. Andrieux et G. Weiss [1]. R. Chevallier, S. Mathieu et S. Girard [2] ont étudié ses propriétés physiques et signalé la présence d'inclusions ferromagnétiques ainsi que son comportement paramagnétique. F. Bertaut, L. Bochirol et P. Blum [3] ont décrit la synthèse d'autres boroferrites et étudié leur structure aux rayons X.

Les mesures thermomagnétiques montrent que les aiguilles ou plaquettes étudiées contiennent des impuretés ferromagnétiques très probablement constituées par les ferrites correspondants. J'ai pulvérisé tous les boroferrites étudiés afin de procéder au triage magnétique le plus poussé possible. Néanmoins, je n'ai pu éliminer complètement les impuretés.

La susceptibilité des échantillons, mesurée à la température ordinaire, augmente parfois après un chauffage à 1000°C. Au contraire, lorsque la température a atteint 1050 ou 1100°C, la courbe ($1/\chi$, T) se stabilise : la portion située entre 600 ou 700°C et 1100°C est rectiligne. Au-dessous de 600°C, les impuretés ferromagnétiques produisent une courbure caractéristique. Un diagramme Debye-Scherrer pris par MM. Bertaut et Delorme confirme qu'après stabilisation, le corps restant est bien du boroferrite.

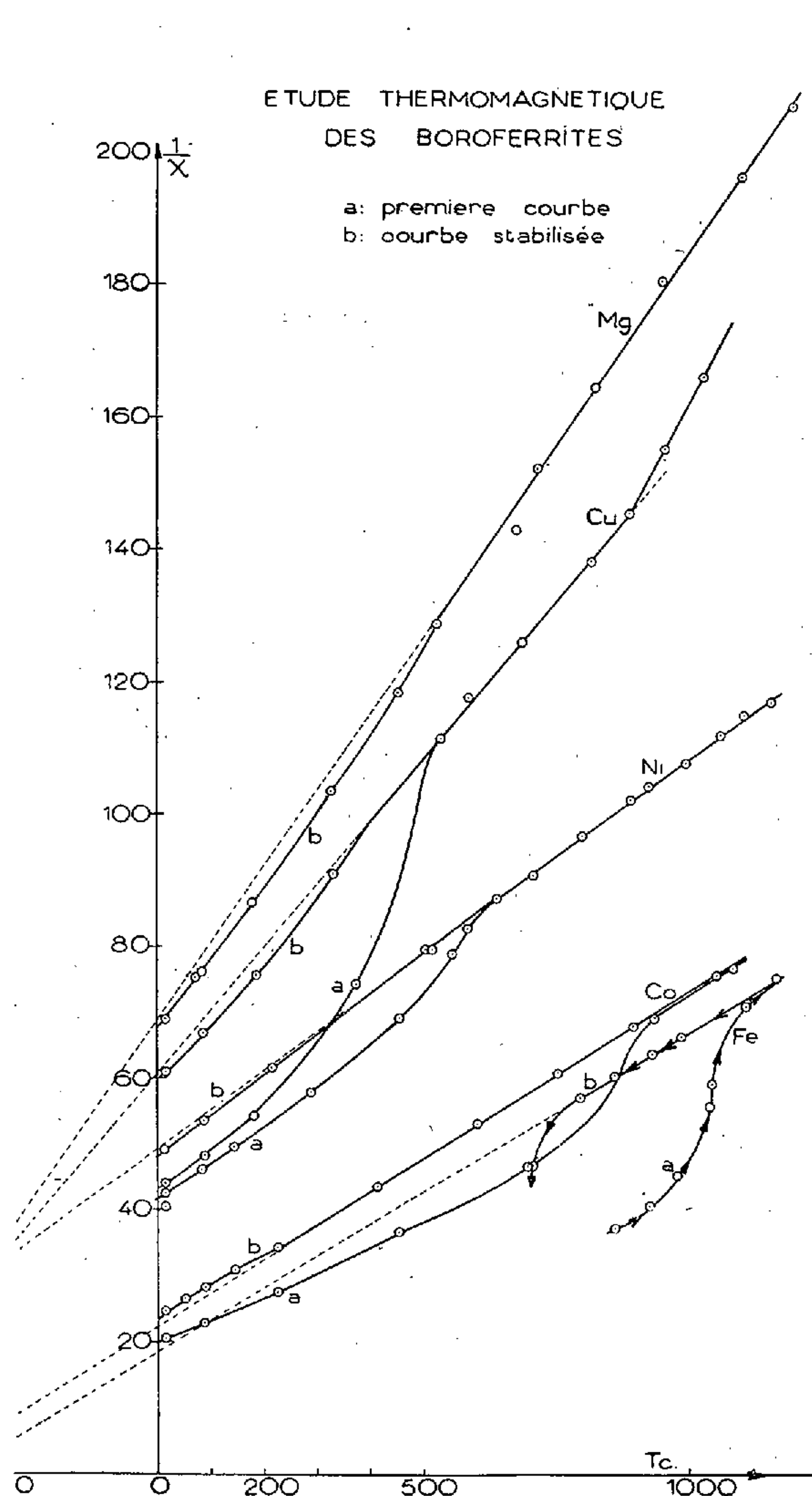
Dans le cas du boroferrite de fer, la droite de Curie-Weiss est bien moins nette. Les différents chauffages décomposent la substance avec apparition de magnétite. Toutefois, après avoir porté l'échantillon à 1160°C, j'ai obtenu une droite jusqu'à 750°C : la signification en est incertaine. Plus bas, les mesures mettent en évidence la formation de la magnétite, et le résidu, complètement refroidi, est attirable à l'aimant.

---

(1) R. Payne Scott, *Aust. J. Sci. Res.*, A.2, 1949, p. 214.
(2) J. P. Wild et L. L. Mc Cready, *Aust. J. Sci. Res.*, A.3, 1950.

(1) *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 615.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1948, p. 611.
(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 764.

Dans l'intervalle de température où la variation $(1/\chi, T)$ est linéaire, les constantes de Curie moléculaires C_m et les points de Curie θ_p sont donnés par



le tableau suivant, compte tenu du diamagnétisme des ions calculé par la méthode de Slater.

Boroferrites étudiés.	C_M.	θ_p (°C).	μ_{eff}.	μ'.
B_2O_3, Fe_2O_3, 2MgO......	8,66	−600	0	0(MgO)
B_2O_3, Fe_2O_3, 4CuO......	10,5	−635	1,91	1,8 à 2
B_2O_3, Fe_2O_3, 4CoO......	19,8	−445	4,72	4,4 à 5,2
B_2O_3, Fe_2O_3, 4NiO......	16,9	−832	4,05	3,5 (NiF_2)
B_2O_3, Fe_2O_3, 4FeO......	20,6 (?)	−380 (?)	4,91 (?)	5 à 5,5

En supposant l'additivité des constantes de Curie des ions bivalents et des ions Fe^{+++}, et en attribuant à ces derniers le moment théorique relatif à l'état $3d^5$, ${}^6s$, j'en ai déduit le moment effectif μ_{eff} des ions bivalents. A titre de comparaison, j'ai donné les moments effectifs μ' de ces ions dans les oxydes MO ou dans les sels divalents : μ_{eff} tombe dans le domaine des valeurs habituelles de μ'.

Au-dessous de 1100-1150°C, les boroferrites se décomposent, avec augmentation de la constante de Curie résultante C_m. Il faut en excepter $B_2O_3, Fe_2O_3, 4CuO$, qui vers 890°C, donne une deuxième droite avec $C_m = 6{,}85$, ce qui correspond à un moment effectif très voisin de zéro pour l'ion cuivre. Ce résultat confirme la transformation de l'ion Cu^{++} en ion Cu^{+} à haute température ([3]).

OPTIQUE CORPUSCULAIRE. — *Optique ionique de la source d'ions des spectromètres de masse.* Note de M. **René Vauthier** ([1]), présentée par M. Jean Cabannes.

1. Influence du champ d'extraction. — Tant que la tension U_1 reste *très petite* devant U_2, la fente (1) se comporte toujours comme une lentille cylindrique forte. Toutefois, pour $U_1 \geqq 20$ V (avec $U_2 = 1000$ V), une simplification importante s'introduit du fait que r varie peu lors de la traversée de la fente ([2]).

a. Ouverture du faisceau émergent. — Dans l'ensemble, on trouve que l'application d'une tension U_1 sur l'électrode (1) augmente légèrement α. Par ailleurs, quand U_1 croît à partir de zéro, le faisceau est d'abord diaphragmé par la fente de sortie; la partie ascendante des courbes en trait plein de la figure se rapporte à ce cas. L'ouverture du faisceau est alors donnée par la formule approchée

$$\alpha = \rho_2\left(1 - \frac{\varepsilon a}{d_0}\right)\left[1 - \frac{\left(1 + \frac{\varepsilon}{2d_0}\right)\sqrt{\Phi_1 - \Phi_a}}{2\left(1 + \frac{\varepsilon}{2d_0}\right)\sqrt{\Phi_1 - \Phi_a} - \sqrt{\Phi_2 - \Phi_a}}\right] \quad (^2)$$

[où $\varepsilon = [U_1/(U_2 - U_1)]$, et où $\Phi_a = (\rho_1^2/4a)U_2 + U_1(1 - a/d_0)$, $\Phi_1 = U_1 + \rho_1(U_2/2)$, $\Phi_2 = U_2 - \rho_2(U_2/2)$, sont les potentiels aux points respectivement définis par $z = -a$, o, et $+1$], valable seulement pour $U_1 \geqq 20$ V.

Les variations de α en fonction de ρ_1 ont été également étudiées : elles ne sont guère plus importantes que dans le cas $U_1 = 0$ (*Cf.* Note précédente). Enfin, α est peu sensible aux variations de d_0.

La partie descendante, commune aux trois courbes indiquées, correspond à

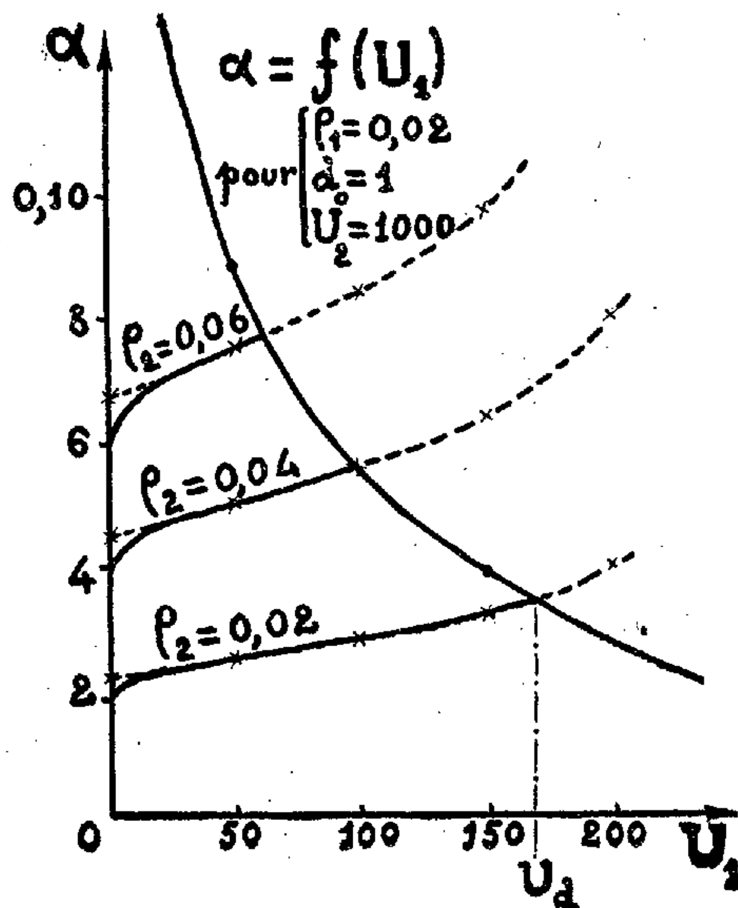
([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 764-765.

([2]) L'inhomogénéité apparente des formules tient au fait que l'on a posé initialement $2d = 1$.

la diaphragmation par la fente d'entrée, qui se produit pour $U_1 \geq U_d$. On a alors

$$\alpha = \rho_1 \frac{U_2 - U_1}{(\Phi_2 - \Phi_a)\sqrt{\Phi_1 - \Phi_a}} \left[\left(1 - \frac{\varepsilon}{2 d_0}\right)\sqrt{\Phi_1 - \Phi_a} - \left(1 - \frac{\varepsilon}{d_0}\right)\sqrt{\Phi_2 - \Phi_a} \right].$$

Dans les applications pratiques d'ailleurs, on se trouvera généralement dans la partie ascendante (U_1 et ρ_2 étant petits le plus souvent).



b. Intensité transportée par le faisceau émergent. — Proportionnelle à h_0, cette intensité décroît très rapidement quand on fait croître U_1 à partir de zéro, passe par un minimum, puis atteint la valeur $h_0 = \rho_1$ pour $U_1 = U_d$, valeur qu'elle conserve pour $U_1 > U_d$. Ces résultats semblent paradoxaux, l'expérience indiquant, au contraire, une augmentation de cette intensité par application d'un champ d'extraction. Toutefois les faits peuvent s'interpréter, même qualitativement, si l'on fait intervenir les vitesses initiales des ions et la charge d'espace, négligées volontairement jusqu'à présent dans ce travail.

2. Influence de l'épaisseur δ de la source d'ions. — L'emploi d'une source S d'épaisseur finie revient à remplacer la focale F' par une petite bande de demi-largeur ζ, qui joue le rôle d'objet vis-à-vis du champ analyseur du spectromètre.

Le calcul n'a pu être effectué complètement que dans les cas simples où $U_1 \geq 20$ V. Si $\rho_1 = \rho_2 = \rho$, la quantité ζ/ρ a l'expression suivante

$$\frac{\zeta}{\rho} = \frac{\rho}{2} \frac{U_2 - U_1 - \dfrac{U_1}{d_0}}{(\Phi_1 - \Phi_a)^{\frac{3}{2}} \sqrt{\Phi_2 - \Phi_a}} \left(\frac{\rho^2}{4a^2} U_2 + \frac{U_1}{d_0} \right) \delta.$$

Les applications numériques montrent que ζ/ρ ne dépasse guère un centième (pour $\delta = 0,05$). On voit donc que le fait d'employer un faisceau électronique S épais, diminue à peine le pouvoir séparateur du spectromètre de masse, relatif au terme de largeur de source.

Il est probable que l'élargissement ainsi défini pour la focale F′ reste très inférieur à celui causé par les aberrations de la lentille à immersion, dans les conditions habituelles d'emploi.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les lignes à retard en forme de peigne ou de circuit interdigital et sur leur schéma équivalent.* Note (*) de MM. **Robert Warnecke**, **Oskar Doehler** et **Pierre Guenard**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans les tubes dits *à onde progressive*, une onde électromagnétique se propage le long d'une ligne à retard avec une vitesse de phase v plus petite que celle des ondes planes dans le vide c et voisine de celle d'un faisceau électronique. Le champ électrique de cette onde possède une composante E_z dans le sens de la propagation, composante nécessaire à l'interaction entre le faisceau électronique et l'onde. L'intensité de ce champ peut être caractérisée par la *résistance de couplage* $R_z = (E_z E_z^*)/2P$, P représentant la puissance transportée par l'onde de la ligne. Cette puissance étant égale au produit de l'énergie emmagasinée dans l'unité de longueur de la ligne par la vitesse de propagation de l'énergie, on obtiendra, toutes choses égales par ailleurs, une valeur élevée

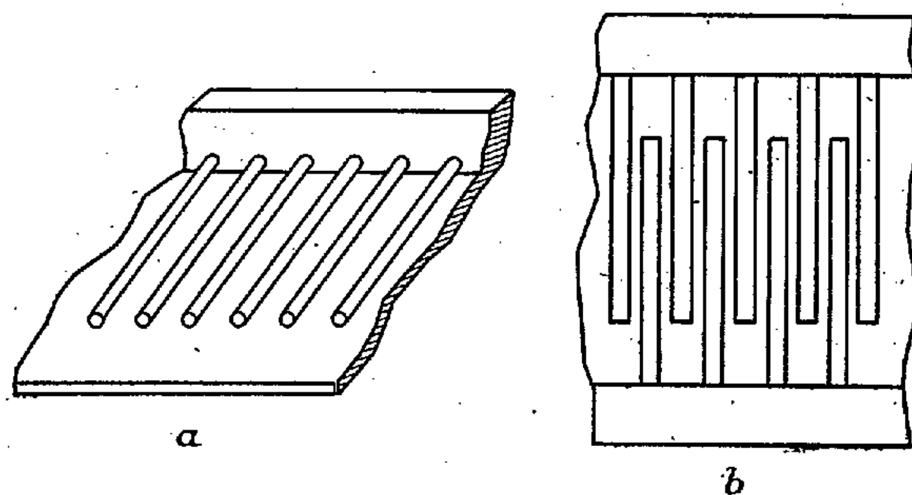


Fig. 1.

de R_z en réduisant l'énergie emmagasinée. D'après les études des auteurs, la ligne en peigne (*fig.* 1 *a*) et la ligne interdigitale ([1]) (*fig.* 1 *b*) offrent cette possibilité en même temps que l'avantage d'être faciles à réaliser mécaniquement, à refroidir et à isoler électriquement d'organes voisins.

(*) Séance du 13 novembre 1950.

([1]) La ligne interdigitale a été étudiée et utilisée pour la première fois par H. Gutton (Demande de Brevet C 52720 du 17 avril 1937), (*Bull. S. F. E.*, 12, 1938, p. 30-46) dans les magnétrons connus plus tard sous le nom de *magnétrons interdigitaux* ou *donutrons*.

Les propriétés de ces lignes peuvent être représentées par des schémas équivalents en forme de filtres. Un fil de la ligne, en présence de la plaque métallique voisine, représente un circuit antirésonnant. Ces circuits sont couplés, électriquement à l'extrémité libre du fil, magnétiquement à l'autre extrémité (*fig.* 2). Les couplages électrique et magnétique, de même signe dans la ligne interdigitale, sont de signe inverse dans la ligne en peigne.

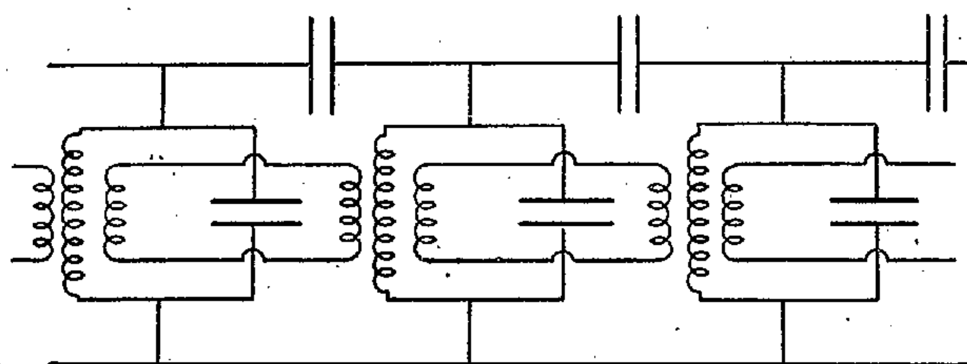


Fig. 2.

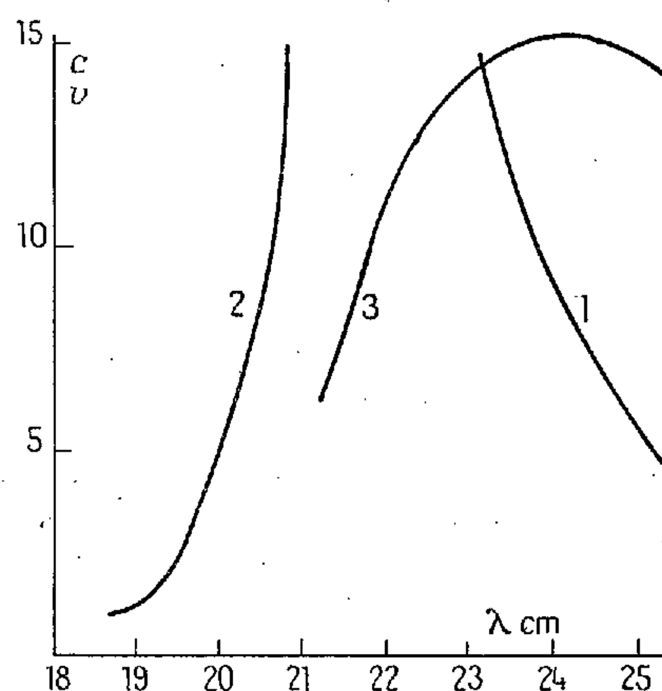


Fig. 3.

Comme les deux couplages sont à peu près égaux, la ligne en peigne possède une très grande dispersion et l'inhomogénéité des lignes expérimentales ne permet d'observer aucune propagation. Ceci n'est plus vrai si l'on modifie l'un des deux couplages. Les courbes de la figure 3 représentent les valeurs mesurées du taux de retard c/v en fonction de la longueur d'onde. La courbe 1 correspond à une diminution du couplage électrique, obtenue en augmentant la capacité entre l'extrémité des fils et la plaque métallique. La ligne représente alors un filtre passe-bas, et la dispersion est normale. La courbe 2 a été obtenue en blindant le champ magnétique par des parois métalliques entre les fils au voisinage de leur court-circuit. La ligne se comporte alors comme un filtre passe-haut et sa dispersion est anormale. La courbe 3 correspond au cas de la ligne interdigitale, où les deux couplages sont de même signe. Le taux de retard présente alors un maximum, au voisinage duquel la dispersion est petite (v ne varie que de $\pm 1\%$ dans un intervalle de 100 Mc/sec.).

De telles lignes, introduites dans un tube à ondes progressives du type magnéton ([2]), doivent permettre de réaliser des tubes à large bande passante, à rendement élevé et donnant des puissances de l'ordre du kilowatt en régime permanent et du mégawatt en impulsions brèves, sur des longueurs d'onde de l'ordre de 10 à 20^{cm}.

([2]) R. Warnecke, W. Kleen, A. Lerbs, O. Doehler et H. Huber, *Proc. Inst. Radio Engrs. N. Y.*, 38, 1950, p. 486-495.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle de l'hydratation des ions dans les bains de polissage électrolytique.* Note (*) de MM. **Eugène Darmois**, **Israël Epelboin** et **Djafar Amine**, présentée par M. Aimé Cotton.

On étudie ici le rôle de l'eau apportée par la solution contenant l'anion anhydre dans un bain de polissage électrolytique. On montre qu'elle est proportionnelle à la quantité d'eau libre, laquelle dépend nettement du degré d'hydratation du cation. On envisage d'utiliser cette propriété pour mesurer le degré d'hydratation des ions.

L'étude de la caractéristique courant-tension obtenue pendant le polissage électrolyque ([1]) nous a déjà fait supposer que le phénomène était dû aux champs électriques intenses produits autour de l'anode par des anions non hydratés ([2]) et qu'il dépend du gradient en eau de la solution qui l'entoure ([3]). Nous en avons déduit qu'il était possible de remplacer systématiquement les acides des bains de polissage par des sels dont les anions ne s'hydratent pas dans les solutions utilisées et de choisir au contraire des cations qui s'hydratent facilement afin qu'ils puissent entraîner l'eau en excès. L'ensemble de nos résultats confirment le rôle de l'eau et nous montrerons ici que la composition optimum des bains de polissage électrolytique est liée au degré d'hydratation des ions.

La quantité d'eau N (en molécules-grammes par litre de bain) apportée par la solution contenant l'anion anhydre et entrant dans la composition initiale du bain optimum est en effet caractéristique du métal à polir et reste valable lorsque celui-ci est un constituant d'un alliage. Le tableau ci-dessous indique les valeurs de N pour des métaux et des alliages d'origines très diverses ([4]) polis dans un bain d'acide perchlorique ($d = 1,61$)-anhydride acétique (pureté 98 %) contenant environ 3g de métal dissous par litre. On voit que le nombre N d'un alliage se détermine à partir des valeur correspondantes de ces constituants en tenant compte simplement de sa composition en poids.

						(%)				
Métal ou alliage.	Co.	Pb.	Fe.	Ni.	Sn.	Co-Ni 50-50.	Fe-Ni 50-49.	Pb-Sn 75-25.	Pb-Sn 50-50.	Pb-Sn 25-75.
N....	9,26	8,64	8,33	6,48	5,86	7,87	7,41	8,02	7,25	6,79

Malgré la complexité des réactions chimiques, la variation du nombre N avec le poids du métal dissous montre une relation déterminée entre la quantité d'eau et celle d'anhydride acétique; par contre N est indépendant de la teneur en acide perchlorique. Cependant l'eau intervenant pour transformer l'anhy-

(*) Séance du 20 novembre 1950.

([1]) I. Epelboin et C. Chalin, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 324.

([2]) E. Darmois, I. Epelboin et C. Chalin, *Bull. S. F. E.*, 6e série, 10, 1950, p. 414.

([3]) E. Darmois, I. Epelboin et D. Amine, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 386.

([4]) Que MM. les Professeurs G. Chaudron, P. Lacombe et L. Weil et MM. M. Ballay et M. Haissinsky nous ont procuré.

dride en acide acétique [3], nous avons éliminé cette variable en remplaçant le premier par de l'acide acétique pur. Dans ces conditions la quantité d'eau par litre de bain n'est plus N, mais un nombre n tel que $n = \alpha N$, α étant indépendant de la densité de l'acide perchlorique utilisé. Pour les superficies anodiques utilisées (2^{cm^2}) le minimum d'anion ClO_4^- nécessaire au polissage électrolytique est d'environ 4 % en poids du bain. Nous avons trouvé $\alpha = 0,23$ pour le cobalt, 0,22 pour le plomb et le fer. Le calcul montre que si tout l'anhydride acétique était devenu de l'acide, on trouverait respectivement 0,92, 1,18 et 1,50 : ceci peut donc indiquer que l'anhydride n'est que partiellement transformé et que la quantité d'eau libre reste pratiquement proportionnelle à la quantité d'eau apportée par l'acide perchlorique.

Ces résultats se vérifient également pour les bains dans lesquels on remplace l'acide perchlorique par ses sels; on trouve $\alpha = 0,25$ pour le perchlorate de sodium et $\alpha = 0,54$ pour le perchlorate de magnésium. Ceci permet de supposer que l'ion Mg^{++} est plus hydraté que l'ion Na^+ qui lui-même l'est plus que l'ion H^+ et ceci est conforme aux renseignements trouvés dans la littérature [5].

Nous avons utilisé la même méthode pour étudier le degré d'hydratation des ions introduits par l'anion PO_4^{---} au moyen du polissage du cuivre dans une solution aqueuse d'acide phosphorique ou de phosphate. On trouve $n = 27,2$ pour le premier et $n = 56,0$ pour le phosphate d'ammonium; ceci indiquerait donc un fort degré d'hydratation de l'ion NH_4^+.

Le même raisonnement permet d'expliquer le rôle des différentes substances que l'on ajoute dans les bains de polissage électrolytique et l'évolution de la composition optimum avec la température et la quantité de métal dissous. Nous nous proposons d'ailleurs d'utiliser cette méthode pour savoir si elle est capable de mesurer le degré d'hydratation des ions en solution concentrée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Études ultrasoniques de gels.* Note (*) de M. **Arwind Mohan Srivastava** [1], présentée par M. Louis de Broglie.

En employant une méthode de pulsation ultrasonique les élasticités de gels de silicate de fer ont été obtenues à quatre fréquences différentes. Les effets de la température et du temps sur le gel ont été étudiés. Une théorie a été développée pour exprimer la structure et le mécanisme de la formation du gel : elle établit que les unités ultimes sont des groupes d'atomes formant une structure fibreuse enchevêtrée avec une orientation entièrement désordonnée.

Dans une série de Mémoires, l'auteur a commencé une étude de l'état gélatineux de la matière qui est tout à fait nouvelle pour les chimistes qui

---

(5) G. Sutra, *Thèse*, Paris, 1946.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

(1) A. M. Srivastava, *Proc. Nat. Acad. Sc.*, **18**, 1949, p. 54.

s'occupent de colloïdes. La technique des pulsations ultrasoniques a été utilisée pour déterminer les constantes élastiques d'une série de gels et une théorie de la formation de gels et de leur structure a été esquissée. L'importance de cette étude est devenue plus grande depuis, les renseignements valables sur ce sujet sont peu nombreux et peu d'attention a été accordé à ce domaine de recherches.

La méthode consiste à engendrer un faisceau d'énergie ultrasonore à l'aide d'un vibrateur convenable qui frappe sur un bloc de gel supporté par un bâtis métallique immergé dans un bain liquide. La plaque peut tourner dans un plan vertical modifiant de cette façon l'angle d'incidence du faisceau incident. Puisque la vitesse dans le gel est plus grande que dans le liquide, les trains d'ondes sont réfractés en s'éloignant de la normale et par suite, la rotation du bloc a comme résultat un évanouissement du rayon émergent dû à la réflexion totale. Les ondes dans un gel prennent deux vitesses indépendantes des deux déformations transversales et longitudinales. En conséquence, les ondes transmises ont deux minima d'amplitude. Si les vitesses dans les deux cas sont V_s et V_l, alors nous avons $V_s = \sqrt{(S/\rho)}$, $V_l = \sqrt{[(1-\sigma)E]/[(1-2\sigma)(1+\sigma)\rho]}$ où σ est le coefficient de Poisson; E, S les modules de dilatation.

Si V_x est la vitesse dans le liquide de la cuve, ordinairement de l'eau, les vitesses sont données par $V_l = V_x/\sin\theta_1$, $V_s = V_x/\sin\theta_2$, dont on peut tirer V_l et V_s. Alors, à l'aide de la relation bien connue $E = 2(1+\sigma)S$, toutes les constantes élastiques peuvent être calculées.

Les figures ci-jointes montrent un certain nombre de faits intéressants relatifs à un gel particulier, le silicate de fer. Les variations du module de Young avec la température et la fréquence et celle du module de cisaillement avec le temps d'établissement ont été établies. Une valeur de la vitesse est donnée dans la figure 2. Les deux minima d'amplitude de l'onde transmise sont indiqués sur la figure 4. Ces quelques résultats sont seulement l'essentiel d'un travail plus détaillé sur ce gel et sur d'autres. Les recherches sur le gel de thorium ont été mentionnées ailleurs ([2]). D'autres données sur ce gel peuvent être trouvées dans un mémoire de l'auteur d'une date récente ([3]). Prakash, Mehra et Srivastava ont écrit un mémoire analogue ([4]).

Bien qu'étant loin de pouvoir faire une théorie de la nature exacte et du mécanisme de la formation du gel et de sa structure, j'ai obtenu les conclusions suivantes d'après les données publiées ici et ailleurs :

La résistance aux forces élastiques implique que les unités dans la structure du gel sont capables d'un comportement analogue. Ces unités, par conséquent, ne peuvent pas être des atomes car, alors, des forces plus grandes seraient

---

([2]) A. M. Srivastava, (Mémoire non publié).

([3]) A. M. Srivastava, *J. Amer. Chem. Soc.* (sous presse).

([4]) Prakash, Mahra et Srivastava, *J. Chem. Phy.* (sous presse).

nécessaires pour produire les élongations et les cisaillements. Les forces nécessaires pour accroître la distance entre les atomes voisins seraient très en

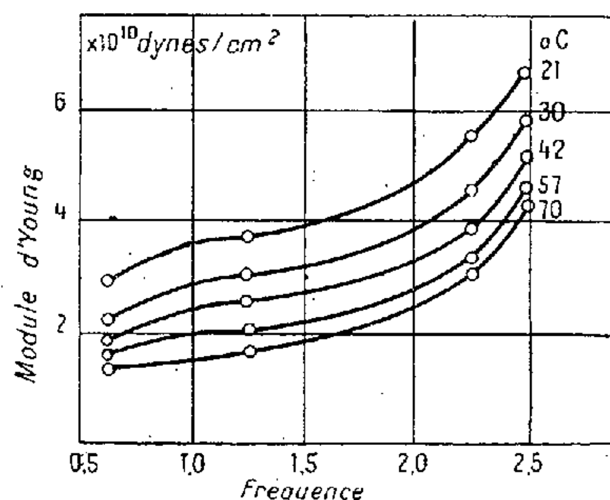


Fig. 1. — Variations du module d'Young en fonction de la fréquence et de la température.

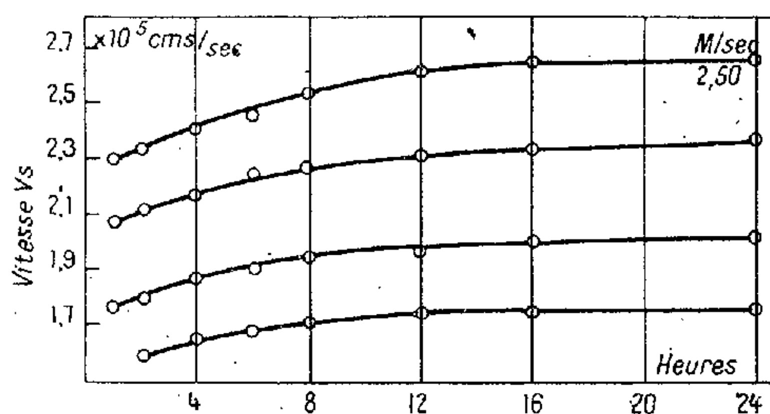


Fig. 2. — Variations de la vitesse de l'onde de cisaillement en fonction de la fréquence et du temps d'établissement.

excès sur celles que j'ai trouvées dans mes recherches. Il s'ensuit que la structure doit être formée de groupes d'atomes pour rendre compte des élongations observées. Les processus élastiques suggèrent donc les conclusions suivantes :

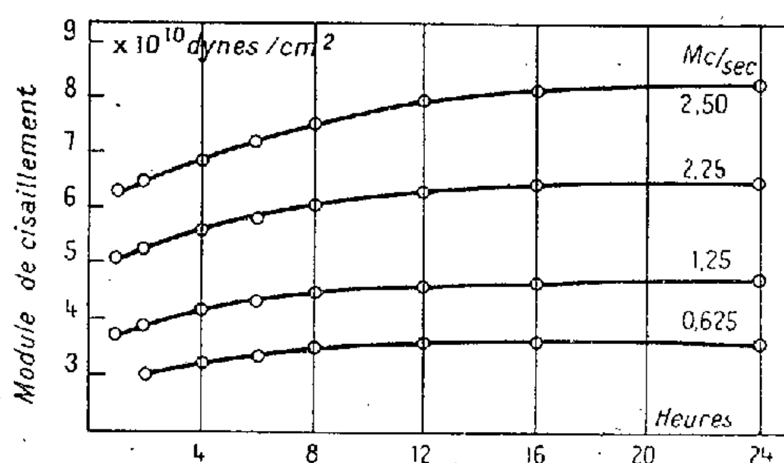


Fig. 3. — Variations du module de cisaillement avec la fréquence pour différents temps d'établissement.

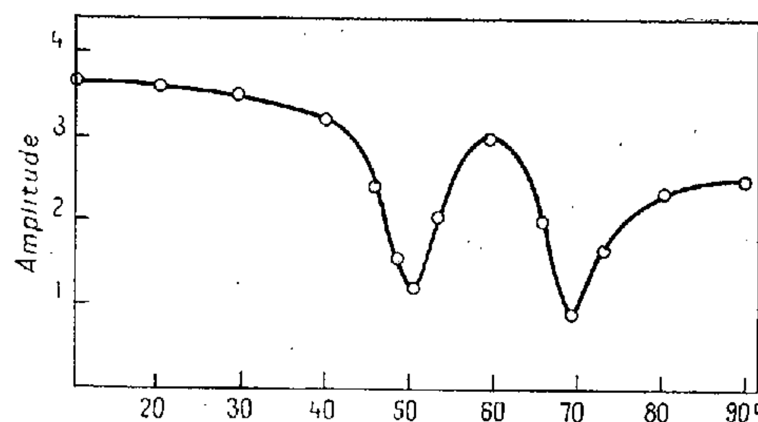


Fig. 4. — Variation de l'amplitude de l'onde transmise du cours de la rotation du gel.

a. Il existe des groupes d'atomes formant des unités solides et flexibles; *b.* les forces de cohésion autour de ces fibres doivent être faibles et uniformes pour rendre compte des changements d'état aux hautes températures; *c.* il y a un entrelacement de fibres dans le réseau à trois dimensions qui rend compte du caractère relâché de toute la structure; *d.* une orientation parfaitement isotrope des fibres rend compte de l'absence de toute anisotropie dans les gels étudiés.

Il est donc clair que la présence d'eau emprisonnée avec un large pourcentage de gel est due principalement à l'entrelacement des fibres en un réseau à trois dimensions qui laisse suffisamment d'espace libre pour l'eau. Un nouveau travail est entrepris dans notre laboratoire pour élargir les idées de base de façon à présenter une image complète de ce mécanisme.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les complexes cuivriques du glycocolle.* Note (*) de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Louis Hackspill.

Mise en évidence par spectrophotométrie de deux complexes de Cu et du glycocolle en solutions diluées. Influence du pH : complexe 1-1 seul à pH < 3, complexe 1-2 seul à pH > 7, mélange des deux aux pH intermédiaires.

On sait depuis longtemps qu'il existe des complexes stables des acides aminés et de l'ion Cu^{++}; les méthodes les plus variées ont été utilisées pour les mettre en évidence, mais les résultats obtenus par les divers auteurs sont assez discordants (1).

J'ai cherché à étudier les complexes de l'ion Cu^{++} et du glycocolle en appliquant la méthode des variations continues de P. Job (2) et en utilisant comme moyen d'investigation la mesure des densités optiques des solutions.

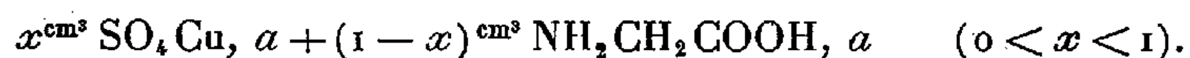
Dans une solution de glycocolle, il n'y a pratiquement de pH 4 à pH 8 que des ions mixtes que nous désignerons par $R^{\pm}$. De telle sorte que la réaction d'équilibre du complexe n est :



$$Cu^{++} + nR^{\pm} \rightleftharpoons CuR_n + rH^+,$$

la quantité R fixée par un atome de cuivre contient n groupements (NH_3CH_2COO) et $(n-r)$ atomes H, la valence de l'ion complexe formé étant $(2-r)^+$.

On effectue des mélanges



$$x^{cm^3}\,SO_4Cu,\ a + (1-x)^{cm^3}\,NH_2CH_2COOH,\ a \qquad (0 < x < 1).$$

Les solutions initiales, de concentration moléculaire a, ayant été faites en présence de $SO_4K_2\,c$ $(c \gg a)$ de façon à assurer la constance de la force ionique (3).

Les pH de chacun des mélanges sont ajustés à l'électrode de verre à 0,02 près.

La densité optique Δ des mélanges est mesurée au spectrophotomètre Beckman, pour une longueur d'onde donnée λ et une épaisseur de cuve de 1^{cm}.

Le glycocolle n'absorbant pas pour la valeur de λ choisie, ε et ε_n repré-

---

(*) Séance du 20 novembre 1950.

(1) J. T. Baker, *Tr. Faraday Soc.*, 3, 1917, p. 188; H. Boorsook et K. V. Thimann, *J. Biol. Chem.*, 98, 1932, p. 671; R. K. Gould et W. C. Vosburgh, *J. Am. Chem. Soc.* 64, 1942, p. 1630; R. M. Kaefer, *ibid.*, 68, 1946, p. 2329; 70, 1948, p. 476; P. A. Kober et K. Sugiusa, *Am. Chem. J.*, 48, 1916, p. 383; Ley, *Z. Elektrochem.*, 10, 1904, p. 954.

(2) *Ann. Chim.*, (10), 9, 1928, p. 113.

(3) On a vérifié au préalable que SO_4K_2 ne donne pas de complexe ni avec Cu^{++} ni avec le glycocolle dans le domaine de pH et des concentrations étudié.

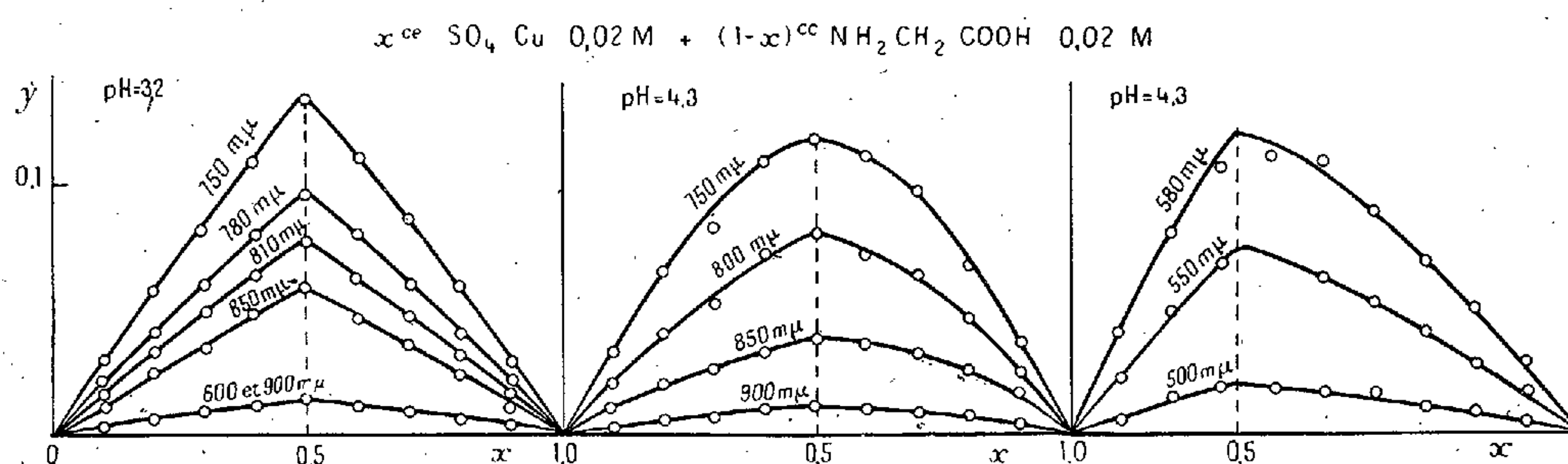
sentant les coefficients d'extinction moléculaire respectivement de Cu^{++} et du complexe n, on étudie en fonction de x la quantité

$$Y = \Delta - \varepsilon a x = \sum_{1}^{N} (\varepsilon_n - \varepsilon)(CuR_n),$$

où N est le nombre total des complexes dans la solution.

Si pour un certain domaine de longueurs d'onde toutes les différences $(\varepsilon_n - \varepsilon)$ moins une sont voisines de zéro, Y est maximum (ou minimum) en même temps que (CuR_n); d'où $n = (1 - x)/x$.

La figure 1 met en évidence dans les solutions étudiées l'existence à pH 3,2 d'un seul complexe pour lequel $n = 1$, à pH 4,3 l'existence de deux complexes pour lesquels $n = 1$ et $n = 2$.



Pour les solutions très acides (pH $\cong$ 2) ni l'un ni l'autre de ces complexes n'est présent, tout le cuivre est à l'état d'ions Cu^{++}.

Pour les solutions plus basiques (pH $\geq$ 6,2) la méthode des variations continues ne peut être appliquée, car le cuivre précipite à partir d'une valeur de x d'autant plus faible que le pH est plus élevé. Cependant, à partir de ce pH, le maximum d'absorption de tous les mélanges restant limpides a lieu pour la même longueur d'onde; en outre, pour chaque valeur de λ, la densité optique Δ est proportionnelle à ax. Il n'existe donc plus dans ces solutions qu'un seul complexe et c'est vraisemblablement celui correspondant à $n = 2$.

Étant donné la coordinance 4 du cuivre on aurait pu s'attendre à déceler quatre complexes de cet ion et du glycocolle. Cependant l'étude spectrophotométrique des solutions de glycocolle dans le sulfate de cuivre ne met en évidence, tout au moins dans le domaine des concentrations (0,02 M à 0,002 M) et des pH (1,5 à 9,0) étudié, que deux composés définis : l'un, à peu près de même teinte que SO_4Cu constitué par une molécule de glycocolle et un ion Cu^{++}; l'autre, plus nettement bleu, constitué par deux molécules de glycocolle et un ion Cu^{++}.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur la stabilité des chlorures basiques de plomb.* Note (*) de M. **Pierre Deschamps** et Mlle **Berthe Charreton**, présentée par M. Paul Pascal.

L'action d'une base soluble sur une solution de chlorure de plomb donne naissance à plusieurs composés. Le sel monobasique Pb Cl O H qui précipite en premier a été signalé par de nombreux auteurs : Wood et Borden (1), André (2) et Cloutier (3) par exemple.

Nous nous sommes proposé d'étudier en fonction de la température, de la concentration en sel neutre et de la nature de la base, le domaine de stabilité du sel monobasique et éventuellement des sels plus fortement basiques. Dans chaque cas, nous opérons à des concentrations initiales variables et nous suivons l'évolution en fonction du temps.

Comme dans nos précédentes Notes (4), nous avons reporté en fonction de

$$a = \frac{\text{quantité de base ajoutée}}{\text{quantité théorique exigée pour la précipitation de l'hydroxyde}},$$

soit le pH des solutions, soit le rapport des conductibilités $C(a)/C(o)$.

Influence de la température (précipitation par la soude). — Quelle que soit la température et à la double condition d'opérer en solution au moins 0,01 M (5) et d'attendre suffisamment longtemps, trois points singuliers apparaissent sur les courbes au voisinage de $a = 1/2$, $a = 3/4$, $a = 1$, ce qui correspond respectivement au sel mono, au sel tribasique et à l'hydroxyde.

Le domaine de stabilité des sels mono et tribasique varie d'ailleurs peu avec la température, car les points singuliers apparaissent encore nettement même à 92°.

A température ordinaire, si la durée du vieillissement n'est que de quelques jours, l'abscisse du deuxième point singulier est fortement décalée et peut atteindre 0,85.

Enfin le point singulier correspondant à l'hydroxyde ($a = 1$) n'apparaît à froid qu'au bout de plusieurs mois et à 92° par exemple, qu'au bout d'environ 30 heures sur la courbe conductimétrique : le point anguleux est d'ailleurs assez peu net, car les différences de pente sont faibles.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

(1) *J. Am. Chem. Soc.*, 6, 1884, p. 218.

(2) *Ann. Chim. Phys.*, 6, 1884, p. 3-110.

(3) *Ann. Chim.*, 19, 1933, p. 5-77.

(4) P. Deschamps et B. Charreton, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 251.

(5) En solution à 0,002 M, on n'observe plus dès la température ordinaire qu'un seul point singulier d'abscisse voisine de 0,85.

Influence de la concentration en sel neutre (précipitation par la soude). — Nous avons ajouté des quantités variables de chlorure de potassium aux solutions de chlorure de plomb : Cl_2Pb 0,01 M et Cl K 0,1 M et M ; Cl_2Pb 0,002 M et Cl K 0,036 M.

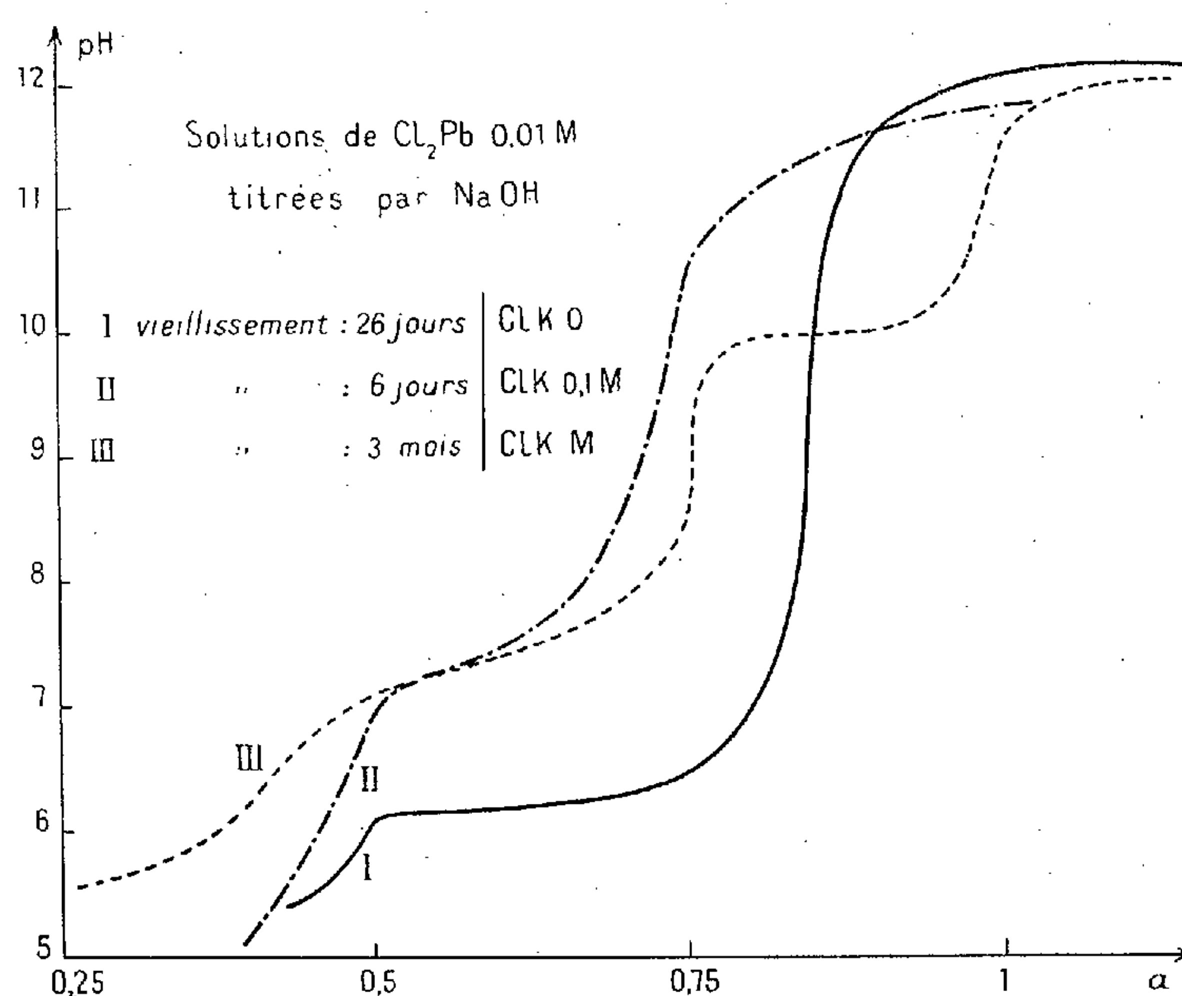
Sur toutes les courbes le premier point singulier ($a = 0,5$) apparaît.

Remarquons que la faible quantité de Cl K ajoutée à la solution 0,002 M a suffi à permettre la formation du sel monobasique.

En outre le pH des solutions varie fortement et brusquement pour $a = 0,75$. La durée du vieillissement a varié de quelques jours à trois mois sans qu'on observe de changement.

Un gros excès de sel neutre reste donc sans influence. Il est difficile dans ces conditions de ne pas admettre la formation d'une combinaison définie.

Sur la figure, nous avons porté les pH en fonction de a pour les diverses concentrations en sel neutre.



Influence de la base. — Nous avons effectué les précipitations avec la soude, l'ammoniaque et la diéthylamine.

Avec l'ammoniaque seul apparaît nettement le sel monobasique. Le pH atteint ne permet sans doute pas d'obtenir le sel plus fortement basique.

La diéthylamine, base légèrement plus forte, fait apparaître le sel mono et le sel tri. La valeur 0,75 est atteinte au bout de quelques jours, c'est-à-dire beaucoup plus rapidement qu'avec la soude.

Il semble donc bien que l'on puisse conclure à la présence de combinaisons

bien définies correspondant aux sels mono et tribasique Cl_2Pb, PbO et Cl_2Pb, 3PbO, à l'eau de constitution près. Ces sels, surtout le sel mono, ont la propriété d'être assez solubles. La détermination du produit de solubilité de ces sels fera l'objet d'une Note ultérieure.

CHIMIE MINÉRALE. — *Évolution de la cryolithe fondue.* Note (*) de MM. **Étienne Bonnier** et **Jean-Lucien Andrieux**, présentée par M. Paul Lebeau.

La stabilité de la cryolithe au cours de fusions prolongées, tout d'abord affirmée par P. P. Fedotieff ([1]), a été très controversée par la suite. En particulier, V. P. Mashovets ([2]) et M. S. Bielietzky ([3]) ont étudié ce problème par différentes méthodes, et ont conclu à la formation de composés fluorés ou oxygénés sur la nature desquels ils n'ont donné aucune précision expérimentale.

L'étude de Bielietzky, fondée sur les variations observées dans les diagrammes de poudre de la cryolithe, fournit un argument certain de la formation de fluorure de sodium et d'un sublimat d'alumine β. Cependant l'existence de composés oxygénés dans la phase liquide même semblait évidente, c'est pourquoi nous avons repris cette étude.

Divers échantillons de cryolithe naturelle (100^g), fondus en creuset de graphite ouvert, ont été maintenus à 1000° C, durant des périodes de temps croissantes de 1 heure à 14 heures. Dans ces conditions, la cryolithe subit une transformation importante pendant les sept premières heures de fusion et présente ensuite une apparence de stabilité. La perte de poids se fixe au voisinage de 40 %, la composition élémentaire demeure constante (Al % = 16,5; Na % = 35,5; F = 40 %; déficit % = 7,9), de même que la masse, la composition et le pH de l'extrait aqueux; le point de fusion est alors de 895°.

La fixation d'oxygène par le produit fondu nous semble la seule explication possible du déficit observé dans l'analyse élémentaire. Pour confirmer cette hypothèse nous avons soumis les échantillons à un examen radiocristallographique ([4]). Les clichés obtenus montrent la totalité des raies caractéristiques de la cryolithe et du fluorure de sodium avec des intensités comparables, mais un certain nombre de raies supplémentaires atteste la présence d'un corps nouveau que les diagrammes connus des divers composés susceptibles de s'être formés ne permettent pas d'identifier.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

([1]) *L'électrolyse dans la Métallurgie*, 1935.

([2]) *J. Prikl. Khim.*, 9, 1936, p. 5.

([3]) *Legkye Metally*, 4, 1937, p. 11-13.

([4]) Examen effectué au Laboratoire de Physique du Métal de l'Université de Grenoble.

Un échantillon d'aluminate monosodique AlO_2Na, porté à une température de 1000° pendant 7 heures, a été soumis, après refroidissement rapide, à l'examen aux rayons X : le diagramme obtenu est tout différent de celui indiqué par Brownmiller et Bogue ([5]) et correspond vraisemblablement à une variété allotropique de cet aluminate, stable aux environs de 1000°.

Les raies principales de ce diagramme se retrouvent toutes dans celui de la cryolithe altérée, certaines, confondues avec des raies de la cryolithe qui se trouvent renforcées ou légèrement bordées, d'autres parfaitement indépendantes. Nous donnons ci-dessous, pour les raies les plus intenses, communes aux deux clichés, les valeurs de d observées ainsi qu'une estimation de leur intensité dans le diagramme de l'aluminate pur ([6]).

d...	4,66	4,23	3,04	2,86	2,46	2,37	2,22	1,995	1,719	1,457
I.....	FF	F	m	m	m	F	F	m	F	F

L'altération de la cryolithe à l'état fondu semble donc se traduire par la formation d'aluminate de sodium et de fluorure de sodium et le déplacement d'une partie du fluor suivant la réaction limitée



$$AlF_6Na_3 + O_2 \rightarrow AlO_2Na + 2NaF + 2F_2 \nearrow$$

La composition du produit restant serait alors approximativement la suivante : AlO_2Na 20 %, NaF 21 %, AlF_6Na_3 59 %.

La valeur 895° du point de solidification observé, correspond sensiblement à la valeur 897° que nous avons indiquée antérieurement pour l'eutectique $AlO_2Na - AlF_6Na_3$. En comparant les proportions relatives d'aluminate et de cryolithe dans l'eutectique et dans le produit étudié,

$$\text{Eutectique : } \frac{AlO_2Na}{AlF_6Na_3} = 0{,}39, \qquad \text{Produit : } \frac{AlO_2Na}{AlF_6Na_3} = 0{,}34;$$

et en tenant compte du fait que le système étudié contient de plus une proportion notable de fluorure de sodium, dont nous avons pu vérifier par ailleurs que l'influence sur le point de fusion de mélanges semblables n'était pas très sensible, nous constatons un très bon accord entre la composition supposée du produit et son point de fusion.

D'autre part, on sait qu'il est difficile d'électrolyser la cryolithe fraîchement fondue, en l'absence de composé oxygéné, *l'effet d'anode* se produisant presque aussitôt. Par contre, nous avons constaté que la cryolithe qui a été maintenue à l'état fondu en présence d'air pendant sept heures, s'électrolyse facilement sous une faible tension et pendant plusieurs heures.

([5]) *Am. J. Science*, 5e série, **23**, **138**, 1932, p. 501.

([6]) FF. très intense; F intense; m d'intensité moyenne.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du tétrachlorure de titane sur l'ilménite.* Note de M. **Claude Pascaud**, présentée par M. Louis Hackspill.

Il est possible de débarrasser les minerais du type ilménite de l'oxyde de fer et d'autres oxydes qu'ils peuvent contenir, à l'exception de la silice et de l'alumine, par action à 850° C sous 30^{mm} de mercure, du tétrachlorure de titane.

Friedel et Guérin ont signalé (¹) sans donner aucune précision l'action *au rouge* du tétrachlorure de titane, $TiCl_4$, sur le carbonate ferreux et le titanate de fer.

Nous avons constaté qu'à 400° C, à la pression ordinaire et en l'absence d'humidité, le tétrachlorure de titane réagissait sur l'oxyde ferrique en déplaçant le fer sous forme de chlorure ferrique qui sublime. Il reste dans la nacelle qui contenait l'oxyde de fer, de l'oxyde de titane à peu près blanc et ne contenant plus que des traces indosables de fer. La réaction est rapide, et si la vitesse de passage des vapeurs de chlorure de titane est convenable, on n'observe aucun distillat liquide, preuve que tout le chlorure de titane a réagi. A 400° C le chlorure ferrique ($É_{760}$ 315° C) se sublime et va se condenser à la sortie sur les parties froides de l'appareil. Nous avons de même effectué cette réaction sur une ilménite préalablement enrichie par triage magnétique en vue de la préparation de blanc de titane et répondant à la composition suivante : TiO_2 : 56 % ; FeO : 6 % ; Fe_2O_3 : 30 % ; divers : 8 %, principalement : Mn, V, SiO_2, Al_2O_3.

Par suite de la présence de fer à l'état bivalent, le chlorure ferreux se sublimant à 1026° sous 760^{mm}, nous avons porté la température à 850-900° C et abaissé la pression jusqu'à 25-30^{mm} de mercure. Dans ces conditions, on observe le départ de fer sous forme de chlorure ferreux, en paillettes nacrées et de chlorure ferrique en paillettes dorées, et son remplacement dans la nacelle par de l'oxyde de titane à peu près incolore ne contenant plus que des traces indosables de fer, mais titrant seulement au maximum 97 % en TiO_2 pour une raison que nous préciserons plus loin.

Nous avons cherehé à savoir ce que deviennent les autres oxydes susceptibles de se trouver dans l'ilménite : silice, alumine, zircone, oxydes de manganèse, étain, vanadium et chrome en particulier. Pour cela, nous avons fait réagir le chlorure de titane sur ces divers oxydes pris séparément et dans les conditions de l'attaque précédente. On constate que ces oxydes sont éliminés sous forme de chlorures qui distillent, se subliment ou sont entraînés par les vapeurs de chlorure titanique passant en excès dans l'appareil. Le chrome est cependant plus difficile à éliminer. La silice et l'alumine, libres ou combinées à l'état de

(¹) *Ann. Chim. Pyhs.*, 5ᵉ série, 8, 1876, p. 45 et suiv.

silicoaluminates ne réagissent pas et se retrouvent dans l'oxyde de titane formé d'où la teneur de 97 % trouvée pour ce corps.

Il nous paraît essentiel d'opérer à 850-900°C. Dès 950°, en effet, et toujours sous la pression de 25-30 mm Hg, la vitesse de réaction s'abaisse. A 1000°, elle devient pratiquement nulle. Nous avons pensé qu'il pouvait y avoir renversement de la réaction. Pour le vérifier, nous avons fait passer des vapeurs de chlorure ferrique sur de l'oxyde de titane chauffé à 1100°C, sous 30 mm; on observe effectivement la formation de petites quantités de chlorure titanique qui distille et l'apparition d'oxyde ferrique dans la nacelle, mais cette réaction reste malgré tout limitée dans les conditions de nos essais.

Il est possible de fonder sur ce principe une méthode de séparation du fer et du titane dans les minerais du type ilménite.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à la connaissance des Asphaltènes.* Note (*) de MM. **Charles Alexanian** et **Marcel Louis**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Parmi les constituants des bitumes, les asphaltènes sont les plus mal connus. Nous en avons séparé par insolubilisation dans l'éther acétique à partir d'asphaltes naturels et d'asphaltites. Dans ces dernières, nous avons encore isolé les carbènes.

L'analyse élémentaire de ces substances montre une proportion de carbone bien inférieure à celle rencontrée dans les graphites et la quantité d'hydrogène y est plus élevée.

De plus, le soufre et l'oxygène toujours présents, parfois en proportion importante, contribuent à les différencier du graphite auquel on les a souvent comparés.

La composition élémentaire est donnée dans le Tableau I.

Tableau I.

	C.	H.	S.	O + N.	$\frac{C}{H}$.
1. Asphaltènes Pechelbronn	85,87	7,85	1,50	5,08	10,90
2. » Lobsann (C Est)	90,20	8,32	1,18	0,48	10,81
3. » Gaujacq	78,57	7,40	8,81	5,12	10,61
4. » d'asphaltite Manosque	71,28	6,59	15,85	6,28	10,81
5. » » Krarrouba	79,24	7,66	8,13	4,97	10,34
6. Carbènes d'asphaltite Manosque	68,00	6,19	19,56	6,25	10,98
7. Carbènes d'asphaltite Krarrouba	82,80	7,80	2,83	6,57	10,61

L'examen aux rayons X précise et étend les conclusions tirées de l'analyse chimique (Tableau II).

(*) Séance du 13 novembre 1950.

TABLEAU II. — *Paramètres réticulaires* (en Å).

1 : 4,44; 2,634; 2,054; 1,762; 1,251; 1,088.
2 : 4,44; 3,561; 3,025; 2,634; 2,10; 1,725; 1,587; 1,251-1,121; 1,036.
3 : 8,10; 4,63-4,18; 3,437; 3,04; 2,750; 2,480; 2,10; 1,93; 1,725; 1,573; 1,453; 1,128; 1,005; 0,939.
4 : 4,47; 3,610; 3,182; 2,552; 2,427; 2,162; 1,97; 1,441; 1,326; 1,223; 1,152.
5 : 8,10; 4,44; 3,552; 3,04; 2,634; 2,39; 2,272; 1,433; 1,342; 1,152.
6 : 4,18; 3,564; 2,307.
7 : 7,37; 4,67; 3,552; 2,426; 2,10.

Nous constatons que :

1° Les asphaltènes et les carbènes de bitumes naturels présentent une structure cristalline;

2° Examinés sous une incidence rasante, certains d'entre eux révèlent une orientation des chaînes. Ainsi pour les carbènes de Krarrouba (Algérie) : 26 Å soit une équivalence de 19 à 21 atomes de carbone; pour les asphaltènes de Krarrouba : 21 Å, 15 à 16 atomes C, et les asphaltènes Manosque : 23 Å, soit 17-18 atomes C;

3° Ces corps se distinguent nettement des carbones et des graphites par un certain nombre de raies de diffraction qui leur sont propres (4,44; 3,04; 2,63; 2,45 Å, etc.);

4° Les carbènes présentent des raies en moins grand nombre que les asphaltènes;

5° Les asphaltènes provenant d'asphaltites diffèrent des autres par une raie à 1,32-1,34 Å;

6° Des raies bien définies occupent la position des trois halos (3,5-3,4; 2,10 et 1,23-1,13) qui caractérisent les carbones (y compris les carbon-black) et graphites (d_{001}, d_{100} et d_{110}). Ceci indique une symétrie dans la disposition des cristallites formant les asphaltènes et les carbènes et non pas nécessairement l'existence de graphite dans ces derniers;

7° D'après la diffusion centrale des spectres X de certains asphaltènes et carbènes, l'ordre de grandeur de la grosseur des grains varie de 77 à 90 Å, soit en moyenne 85 Å;

8° Les asphaltènes de Pechelbronn et de Lobsann ont des raies communes, cependant les derniers donnent des raies supplémentaires.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle interprétation générale du mécanisme des transpositions moléculaires.* Note (*) de MM. **Georges Darzens** et **Maxence Meyer**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les réactions de transposition ou de réarangement moléculaire sont caractérisées par un remaniement de l'enchaînement des atomes de l'édifice molé-

(*) Séance du 13 novembre 1950.

culaire qui en amène une modification des propriétés. C'est tantôt le déplacement d'un atome d'hydrogène accompagné de celui d'une fonction éthylénique ou acétylénique (prototropique), tantôt celui d'un anion comme OH ou un halogène (anionotropique). D'autre fois c'est, soit l'enchaîment des atomes de carbone qui se trouve modifié (formation, extension, rétrécissement ou ouverture d'un cycle), soit enfin, le détachement d'un radical d'un atome hétérogène (O.N.S) ou d'un atome de carbone pour venir se rattacher à un autre atome de carbone.

Ces dernières transpositions sont les plus importantes; on les observe au cours de certaines réactions des α glycols et des époxydes sous l'action des acides, halogénures métalliques, de la chaleur et des rayons ultraviolets, ainsi que dans la déshalogénation magnésienne ou argentique des halohydrines.

Marc Tiffeneau, à qui l'on doit une très importante contribution à l'étude et la généralisation de ces transpositions, en a donné l'interprétation suivante (1) :

Par enlèvement d'une molécule d'eau ou d'un hydracide, ces corps donneraient d'abord un dérivé intermédiaire instable à valences libres (valences pendantes), celui-ci serait ensuite stabilisé par migration d'un des radicaux

A cette interprétation il ajoute la notion de capacité affinitaire et d'aptitude migratrice des radicaux, notions purement expérimentales pour expliquer la facilité plus ou moins grande de ces migrations, mais sans aucune base théorique. Enfin, en série cyclanique, il est amené à admettre des transpositions de Walden pour rendre ces migrations possibles au point de vue spatial (2).

Malgré tout son intérêt objectif, cette interprétation ne fait que représenter les faits expérimentaux, mais ne constitue pas une théorie rationnelle du mécanisme même de ces transpositions.

Nous basant sur l'observation de la présence constante de l'oxygène dans les corps susceptibles de présenter ces phénomènes, ainsi que sur la propriété singulière de cet élément de donner des dérivés *d'oxonium*, nous avons été amené à donner de ces transpositions une nouvelle interprétation théorique qui est la généralisation de celle qui nous a permis d'interpréter les transpositions de Walden (3); nous en donnons ici un exposé succinct.

Dans cette nouvelle théorie le dérivé intermédiaire à valences pendantes n'est plus admis, mais il est postulé que le radical qui se transpose entre d'abord en combinaison avec l'atome d'oxygène pour donner un oxonium dont deux valences sont en rapport avec les deux atomes de carbone qui doivent intervenir dans la transposition; le radical s'en détache ensuite pour rejoindre l'atome de carbone qui est sa destinée finale.

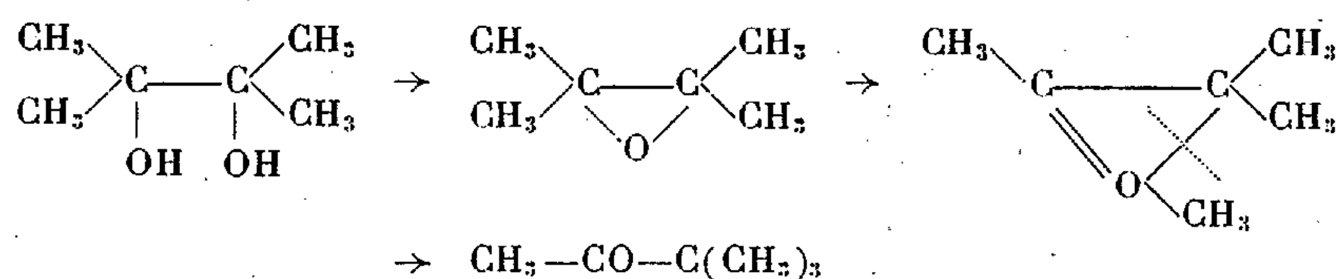
---

(1) M. Tiffeneau, *Comptes rendus*, **143**, 1906, p. 687; *Ann. Chim. phys.*, (8), **10**, 1907, p. 30.

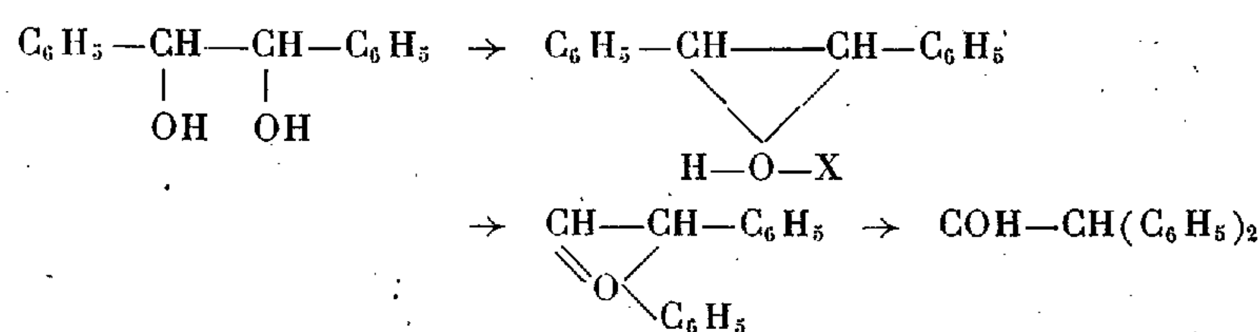
(2) M. Tiffeneau, *Bull. Soc. Chim. France*, (5), **12**, 1945, p. 474.

(3) G. Darzens, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1286; G. Darzens et H. Meyer, *ibid.*, **231**, 1950, p. 623.

L'exemple suivant se rapporte à la transposition pinacolique par la chaleur seule :



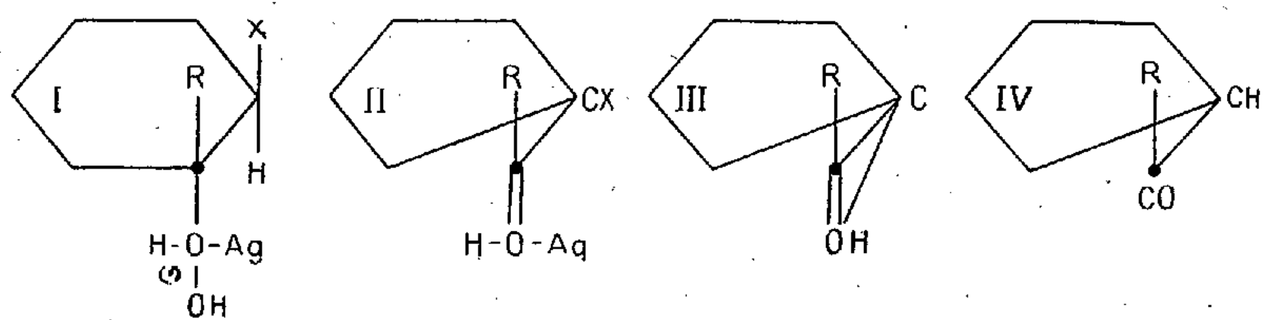
L'élévation de la température a pour effet de diminuer la force de liaison carbone-carbine, alors qu'elle augmente celle de l'oxygène-carbone; il en résulte la migration d'un CH_3 du carbone à l'oxygène qui est une véritable oxydation intramoléculaire. La dernière phase où l'oxygène reprend la forme normale est, de même, due à un phénomène analogue. Lorsque la transposition est réalisée par l'action d'un acide HX, c'est de même la formation d'un dérivé d'oxonium de l'acide avec l'oxygène qui détermine la transposition



La déshalogénation argentique des halohydrines cyclohéxaniques trouve de même une interprétation rationnelle et simple. Comme nous l'avons montré dans une Note précédente ([3]), les halohydrines *cis* donnent ainsi des cyclohexanones; avec les isomères *trans* on obtient un acylcyclopentane par suite d'une transposition semipinacolique avec raccourcissement de cycle.

L'hydroxyde d'argent donne d'abord un dérivé d'oxonium (I), où l'atome d'argent ne peut pas réagir avec l'halogène (X) à cause de sa position spatiale en *trans*. Il en résulte une transposition semipinacolique avec rupture du cycle du côté de l'hydroxyde et migration de l'extermité CH_2 de cette chaîne, d'abord vers l'atome d'oxygène puis vers l'atome de carbone pour donner le dérivé d'oxonium (II).

L'argent peut alors réagir avec l'halogène pour donner l'oxonium (III) qui se stabilise finalement en la cétone acylcyclopentanique (IV).



Dans cette nouvelle interprétation l'aptitude migratrice des radicaux de Tiffeneau n'est pas autre chose que l'affinité des radicaux pour l'oxygène.

Remarquons enfin qu'il existe de nombreuses réactions caractérisées par la migration de radicaux de l'oxygène au carbone (transposition de Claisen des éthers alliliques des phénols, transposition des acyles phénols de Friès) qui viennent confirmer ces vues théoriques lesquelles seront généralisées et étayées par de nouveaux faits expérimentaux dans un mémoire plus étendu.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la nitration de chaînes aliphatiques.* Note (*) de MM. **Alfred Maillard** et **Romain Arbogast**, présentée par M. Marcel Delépine.

La nitration de chaînes aliphatiques conduit à la formation de dérivés renfermant de un à deux groupements nitro par molécule; elle peut être accompagnée de réaction d'oxydation avec introduction, dans la chaîne, de groupements carboxyles et probablement de groupements hydroxyles.

L'introduction de groupements nitro dans des chaînes aliphatiques relativement longues (C_{12} à C_{20}) est plus difficile que dans le cas de chaînes courtes, et les travaux qui s'y rapportent sont presque tous postérieurs à 1940. La présente Note se rapporte à des essais faisant intervenir l'acide nitrique en phase vapeur et en phase liquide. Dans le mode de travail en phase gazeuse, les vapeurs d'acide nitrique traversent une colonne renfermant la substance à nitrer à une température de l'ordre de 120°. Dans le procédé en phase liquide on utilise comme solvant l'acide acétique glacial, la température de travail adoptée étant aussi de l'ordre de 120°. Les essais ont porté sur un gasoil de composition connue et sur l'acide stéarique.

1. *Cas du gasoil.* — En phase vapeur on obtient deux produits non miscibles :

a. un produit (5 % du total) à environ 6 % d'azote, très visqueux, soluble dans l'alcool méthylique;

b. un produit à environ 1,8 % d'azote, moins visqueux, insoluble dans l'alcool méthylique. En tenant compte du poids moléculaire moyen, on arrive à la conclusion que dans le cas du produit le plus nitré il y a eu fixation d'un groupement NO_2 par molécule, en moyenne, alors que pour l'autre produit 30 % seulement des molécules ont fixé un groupement NO_2.

En opérant en phase liquide on obtient un liquide rouge très foncé, plus dense que l'eau, partiellement soluble dans l'eau, miscible en toutes proportions aux alcools méthylique et éthylique, à l'acétone et à l'acide acétique.

L'analyse élémentaire a donné les résultats suivants : C 60,0; H 8,5; N 6,4; O 25,1.

La teneur en azote correspond à environ un groupement NO_2 par molécule.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

Le fait que le produit est devenu acide (indice d'acide 100) et sa teneur en oxygène montrent que la nitration est accompagnée d'une oxydation.

2. *Cas de l'acide stéarique.* — Avec l'acide nitrique en phase vapeur on obtient, comme dans le cas du gasoil, une nitration du quart environ des molécules. Le produit obtenu (mélange d'acide nitré et non nitré) est solide; il fond vers 50°. L'indice d'acide passe de 220-230 à 210, ce qui montre, en tenant compte du poids moléculaire de l'acide stéarique, que dans ce cas la nitration n'a pas été accompagnée d'une oxydation.

Le produit nitré s'estérifie facilement et quantitativement. L'ester, dont le point de fusion est de 21-22°, possède une odeur fruitée intense.

La nitration en phase liquide conduit à un degré de nitration plus élevé et l'on obtient un produit liquide à température ordinaire, (F — 5°) légèrement soluble dans l'eau, (2,75 g/l); sa solubilité dans les solvants organiques est comparable à celle du gasoil nitré.

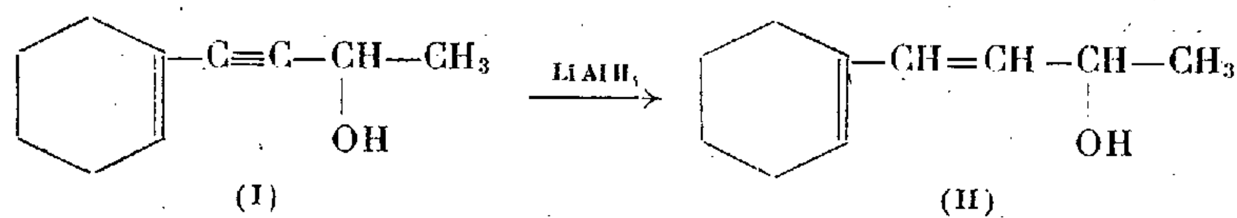
Avec les conditions de travail adoptées on arrive à un degré de nitration correspondant à une teneur en azote de 5,5 %. Cette teneur correspond à un mélange à parties sensiblement égales d'acide stéarique mono et dinitré.

La teneur en oxygène montre qu'il est possible que le produit renferme, en plus de l'oxhydrile de la fonction acide, un oxhydrile alcoolique. Ceci semble confirmé par le fait qu'à partir de l'ester éthylique on peut obtenir, avec le chlorure de benzoyle et l'isocyanate de phényle, des dérivés cristallisables.

La composition centésimale de ces dérivés correspond bien à un mélange à parties égales de dérivés mono et dinitré d'acide hydroxystéarique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction des acides acétyléniques par l'hydrure double de lithium et d'aluminium.* Note de MM. **Voukitch M. Mitchovitch** et **Mihailo Lj. Mihailovic**, présentée par M. Marcel Delépine.

A notre connaissance, il n'y a dans les publications, jusqu'à présent, qu'un seul cas cité concernant la réduction des composés acétyléniques par l'hydrure double de lithium et d'aluminium [1] : le (cyclohexényle-1')-1 butyne-1 ol-3 (I) a été réduit en (cyclohexényle-1')-1 butène-1 ol-3 (II) avec un rendement de 70 %, la triple liaison s'hydrogénant partiellement en liaison double



On ne peut pas, se basant sur ce cas, tirer la conclusion que l'hydrure double de lithium et d'aluminium réduit partiellement la triple liaison en liaison double,

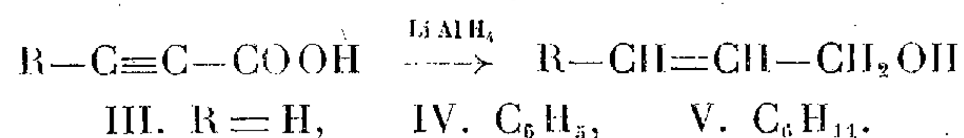
---

(1) J. D. Chanley et H. Sobotka, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 4140.

car une triple liaison, éloignée du groupement carboxyle, reste inaltérée dans la réduction des esters par la méthode de Bouveault et Blanc ([2]); d'autre part, même une double liaison peut être, en certains cas, hydrogénée par l'hydrure de lithium et d'aluminium ([3]); enfin, aucun groupement fonctionnel, qui pourrait être réduit, ne se trouve dans l'exemple ci-dessus.

Pour la réduction en alcools primaires des acides contenant une liaison acétylénique en alcools primaires, on peut admettre : *a.* que la liaison acétylénique reste inaltérée; *b.* qu'elle se réduise en double liaison; *c.* qu'elle s'hydrogène en liaison simple; *d.* qu'on obtienne un mélange de ces produits et (pour les alcools éthyléniques) un des deux stéréoisomères possibles ou leur mélange en proportions quelconques.

Nous avons étudié la réduction des acides acétyléniques par l'hydrure double de lithium et d'aluminium et nous avons trouvé que les acides monocarboniques à une triple liaison, dans les trois cas étudiés, acides propiolique (III), phénylpropiolique (IV) et cyclohexylpropiolique (V), sont réduits principalement en alcools éthyléniques correspondants :



$$R-C\equiv C-COOH \xrightarrow{LiAlH_4} R-CH=CH-CH_2OH$$

III. $R=H$, IV. C_6H_5, V. C_6H_{11}.

La réduction a été faite par le procédé habituel ([4]). La quantité d'hydrure de lithium et d'aluminium prise pour cette réduction était celle qu'avaient indiquée Nystrom et Brown (*loc. cit.*). Dans certains cas nous avons employé un excès de $LiAlH_4$, suffisant pour l'hydrogénation complète de la triple liaison, mais les résultats ont été les mêmes.

L'acide propiolique (III) a donné, avec un rendement de 65,3 %, *l'alcool allylique*, É 92-100°; sa phényluréthane, F 69°.

L'acide phénylpropiolique (IV) a donné un produit qui bout à 148-150° sous 24^{mm}. (Rdt calculé 75,7 % pour l'alcool cinnamique). En le refroidissant, ce produit se solidifie en majeure partie. La partie solide, essorée à basse température (— 10°) et séchée sur la plaque poreuse, a été identifiée comme *l'alcool cinnamique* pur (Rdt 57,6 %), fondant à 33°; la phényluréthane, F 91°,5; le dinitrobenzoate, F 121°,5.

La partie liquide contenait de l'alcool acétylénique (l'alcool phénylpropargylique), ce qui n'a été prouvé que par réactions qualitatives (un miroir d'argent avec une solution ammoniacale de nitrate d'argent et un précipité

([2]) A. OSKERKO, *Ber. d. chem. G.*, 70, 1937, p. 55.

([3]) R. F. NYSTROM et W. G. BROWN, *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 1997; F. A. HOCHSTEIN et W. G. BROWN, *J. Am. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 3484; F. A. HOCHSTEIN, *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 305; P. KARRER et P. BANERJEA, *Helv. Chim Acta*, 32, 1949, p. 1692.

([4]) Les détails expérimentaux seront publiés ailleurs.

blanc, cristallin, avec une solution concentrée de chlorure de mercure). Aucune présence de l'isomère *cis* (l'alcool allocinnamique) dans cette partie liquide n'a pu être prouvée.

L'acide cyclohexylpropiolique (V) a été réduit en *cyclohexyl-3 propène-2 ol-1* avec un rendement de 81 %. Cet alcool, non encore décrit dans les publications, a les constantes physiques suivantes : $É_{25}$ 128°,1; d_4^{23} 0,952; n_D^{23} 1,4889.

La phényluréthane (cristallisée dans l'éther de pétrole) fond à 99°.

Cet alcool, hydrogéné par le noir de platine, donne l'alcool saturé correspondant, déjà connu, le cyclohexyl-3 propanol-1 bouillant à 118°, sous 19^{mm}; sa phényluréthane fond à 87°,5 (5).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la structure de l'isodypnopinacoline-α (albodypnopinacoline) de M. Delacre.* Note de MM. **Dimitre Ivanoff**, **Tchavdar Ivanoff** et **Christo Ivanoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

La dypnopinacoline ordinaire chauffée avec de la potasse alcoolique à 1 % se déshydrate en l'isodypnopinacoline-α, respectivement l'albodypnopinacoline, qui est un isomère des lutéodypnopinacolines (1). Par décomposition alcaline l'isodypnopinacoline donne de même que les lutéodypnopinacolines l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ et de l'acide benzoïque et, par déshydrogénation avec du brome ou de l'acide azotique, la déshydroisodypnopinacoline, isomère de la déshydrolutéodypnopinacoline (2).

Et comme nous avons établi que l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ représente le méthyl-1 triphényl-1.3.5 dihydrobenzène-(1.2) et la lutéodypnopinacoline, le méthyl-2 triphényl-2.4.6 benzoyl-1 dihydrobenzène-(2.3) (3), il s'ensuit que l'isodypnopinacoline doit également être un $C_{25}H_{22}$ benzoylé. D'autre part nous avons démontré que par déshydrogénation avec du soufre l'isodypnopinacoline, de même que la lutéodypnopinacoline, donne de la triphényl-2.4.6 benzophénone et du méthylmercaptan (4). Il en résulte que la différence dans la structure de la lutéo- et de l'isodypnopinacoline consiste notamment dans la position différente du groupe méthylique quaternaire. A l'appui de cette hypothèse citons les données établies par Delacre et confirmées par nous que tandis que la lutéodypnopinacoline soumise à une décomposition pyrogénée donne du triphénylbenzène et de l'acétophénone (5), l'isodypnopinacoline dans les mêmes conditions forme principalement de la triphénylbenzophénone, des

(5) E. Waser, *Helv. Chim. Acta*, 8, 1925, p. 117.

(1) M. Delacre, *Bull. Acad. roy. Belg.*, 3e série, 29, 1895, p. 855.

(2) M. Delacre, *Bull. Acad. roy. Belg.*, 3e série, 29, 1895, p. 858-862; *Ann. Chim.*; 9e série, 5, 1916, p. 159.

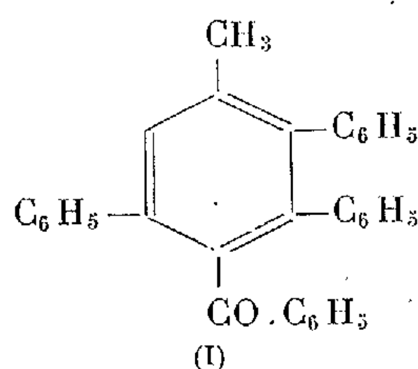
(3) *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 77, 1944, p. 173.

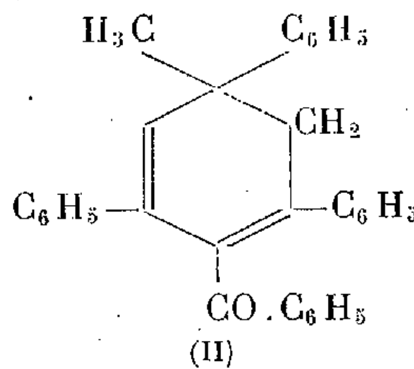
(4) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 812.

(5) *Bull. Acad. roy. Belg.*, 3e série, 22, 1891, p. 483.

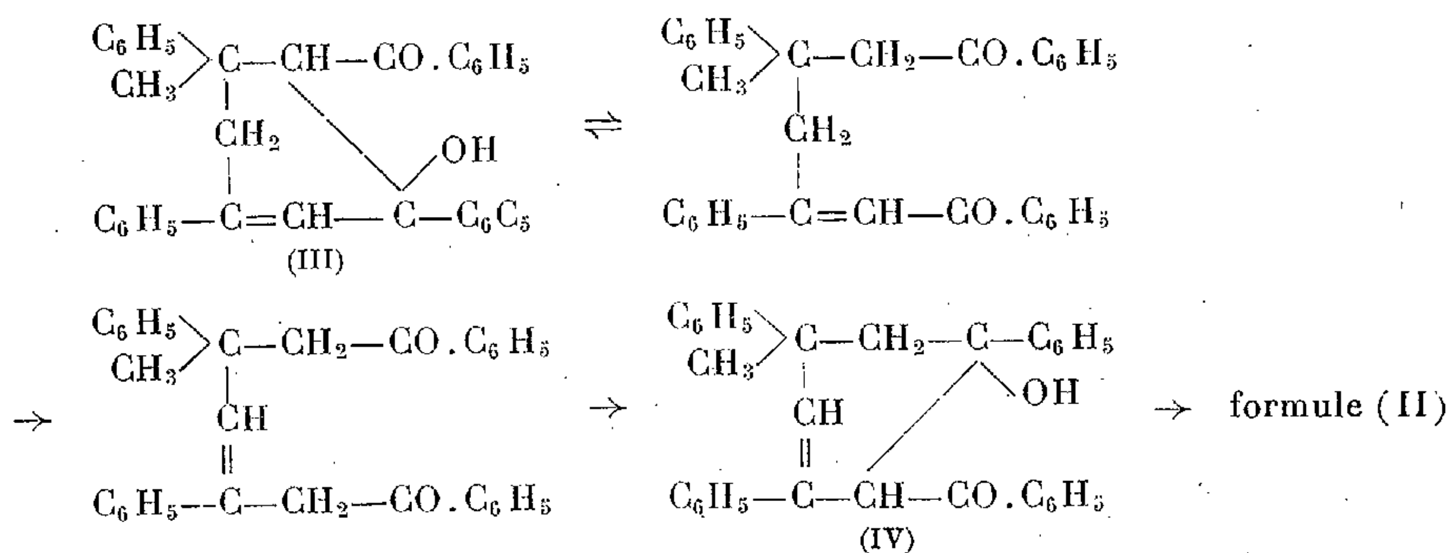
produits liquides (de l'éthylbenzène et d'autres) et des produits gazeux (6). Ceci prouve que le groupe méthylique quaternaire dans la molécule de l'isodypnopinacoline se trouve dans une position moins favorable par rapport au groupe benzoylique que dans la lutéodypnopinacoline et de cette façon son élimination avec ce groupe en tant qu'acétophénone est rendue difficile et le produit principal se trouve ainsi être la triphénylbenzophénone.

Tout récemment en étudiant la structure de la déshydroisodypnopinacoline et de la déshydrolutéodypnopinacoline nous avons démontré, par décomposition alcaline et synthèse, que la première représente la méthyl-2 triphényl-3.4.6 benzophénone et la seconde, la méthyl-4 triphényl-2.3.6 benzophénone (I) (7). D'autre part, nous avons prouvé que l'hydrocarbure $C_{25}H_{22}$ déshydrogéné au moyen du brome ou de l'acide azotique donne l'hydrocarbure $C_{25}H_{20}$ qui est le méthyl-1 triphényl-2.3.5 benzène et que par conséquent, lors de cette déshydrogénation, il se produit une transposition rétropinacolique avec migration du groupe phénylique quaternaire (8). Il faut donc admettre qu'une pareille transposition a lieu en déshydrogénant l'iso et la lutéodypnopinacoline. Par conséquent, nous basant sur la structure de la déshydroisodypnopinacoline il faut conclure que l'isodypnopinacoline aurait la structure (II), le méthyl-4 triphényl-2.4.6 benzoyl-1 dihydrobenzène-3.4.





Le mécanisme de la formation de l'isodypnopinacoline (II) à partir de la dypnopinacone ordinaire (III), exprimé par le schéma ci-dessous :



(6) M. Delacre, *Bull. Acad. roy. Belg.*, (Cl. des sciences), 4, 1902, p. 252; Tch. Ivanoff, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 812.

(7) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 657.

(8) *Comptes rendus*, **227**, 1948, p. 535.

s'expliquerait en prenant en considération que la cétolisation (dans ce cas intramoléculaire) est une réaction réversible et que les alcalis caustiques font migrer la double liaison.

La déshydratation de la formule (IV) en formule (II) est la plus probable, car l'hydrogène du carbone lié au groupe carbonyle est labilisé par ce dernier.

ANATOMIE ONTOGÉNIQUE. — *Structure et évolution cyto-histologique de l'apex chez* Nicotiana Tabacum *L.* Note de MM. **Alexandre Fardy**, **Daniel Schwartz** et **Jean Cuzin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

N. Tabacum montre, au niveau de son apex principal, une zonation en *méristème apical* et *méristème latéral;* cette structure présente une évolution cyto-histologique continue depuis les stades embryonnaires jusqu'aux stades préfloraux; la période de régression acropète de la zonation apicale coïncide avec le déclin de la phase végétative, et cette zonation a disparu au moment où apparaît le tissu destiné à donner les axes floraux.

Le point végétatif terminal (apex principal) du tabac (*Nicotiana tabacum* L. Var. P 19 Berg.) constituant en fait le seul centre organogénique fonctionnel pour l'ensemble du système aérien pendant toute la phase végétative, nous en avons étudié l'évolution ontogénique, de la germination à la floraison, sur une série d'échantillons représentatifs de ses états successifs, par la technique des coupes sériées.

L'embryon au repos ne présente encore qu'une formation apicale très discrète : le territoire apical présomptif, à la base interne des cotylédons, perd à la germination ses inclusions paraplasmiques et la chromatine nucléaire passe de l'état condensé à l'état de réseau; il se forme ainsi un méristème apical qui s'organise en un massif dont l'activité cinétique latérale aboutit à la formation de la première ébauche foliaire. Ce méristème apical reste très discret jusqu'à l'apparition de la 6ᵉ et 7ᵉ ébauche foliaire, puis commence à s'individualiser en un dôme très surbaissé, où l'on distingue une zone centrale (*méristème central*) et une zone latérale (*méristème latéral*) (*fig.* I à V).

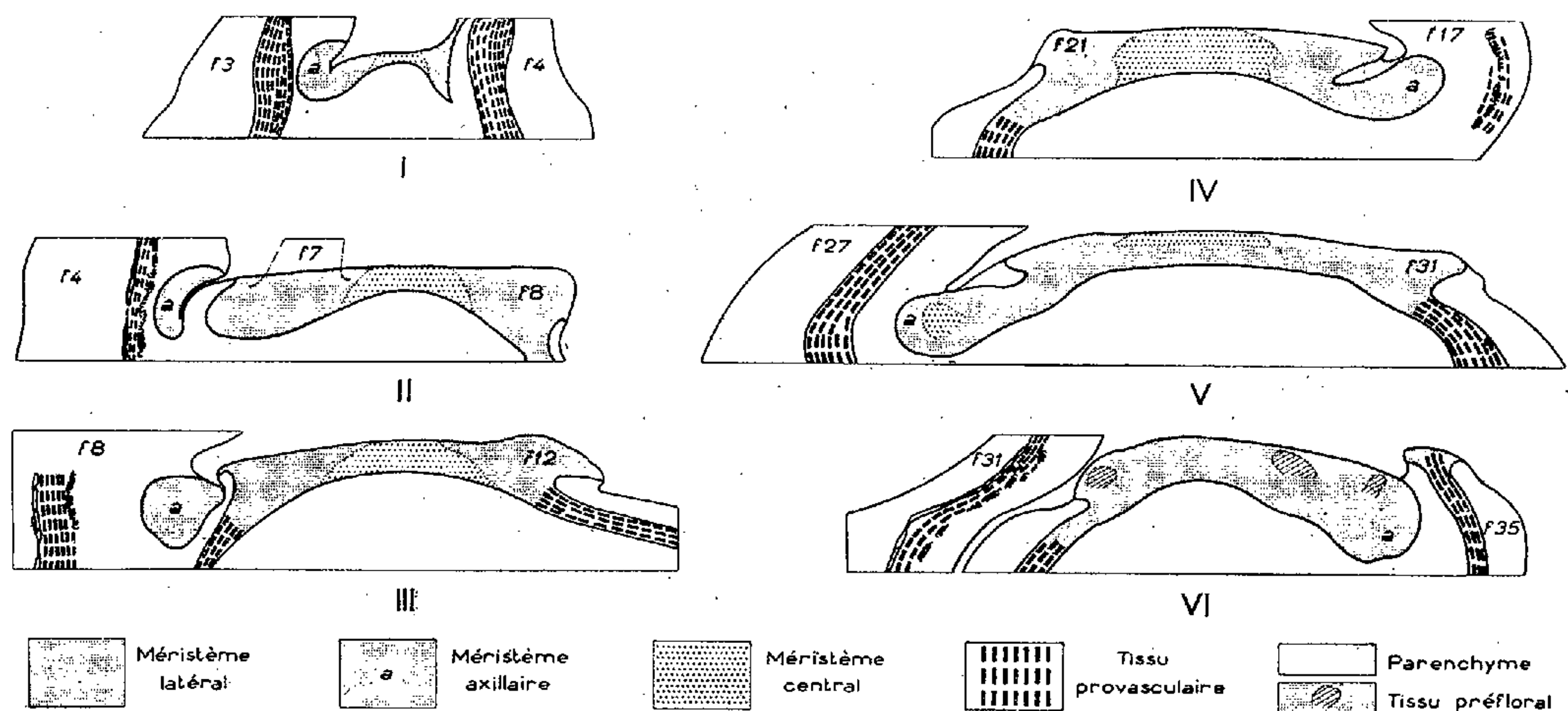
Le *méristème central* est caractérisé par des cellules grandes, à contour nettement polygonal; leur affinité pour les colorants (hématoxyline ferrique, safranine) est faible; leur noyau volumineux présente une chromatine en réseau lâche du type chromocentrique, les nucléoles y sont nombreux et les figures mitotiques très rares (activité cinétique presque nulle).

Le *méristème latéral* est caractérisé par des cellules petites, fortement colorées, à cytoplasme dense; leur noyau est très chromophile, dans la plupart des cas en interphase sous forme de réseau dense, sans chromocentres, avec un ou deux nucléoles, ou en cours de cinèse.

Le méristème central ne se trouve jamais en continuité histologique immédiate avec les tissus conducteurs de l'anneau vasculaire axial : c'est ce caractère

qui, joint à son inertie cinétique, nous conduit à poser qu'il n'est pas doué d'un rôle organogène ou histogène immédiat, sans exclure l'hypothèse d'un rôle organisateur.

Le méristème latéral au contraire se trouve en continuité immédiate d'une part avec les ébauches foliaires et les formations axillaires auxquelles il donne naissance, et d'autre part avec les tissus conducteurs de l'anneau vasculaire, par l'intermédiaire continu des tissus provasculaires : c'est donc lui que nous considérons comme le siège de toute l'activité histogène et organogène de l'apex.



En progressant dans le temps, du stade plantule au stade préfloral (*fig.* I à VI), on constate :

1° que l'importance *absolue* de l'apex augmente;

2° que l'importance *relative* du méristème central, ainsi que la spécificité des caractères différentiels décrits, passent par un maximum au moment particulier de l'apparition des 21e-22e ébauches foliaires (*fig.* IV). Après ce stade, le méristème central perd progressivement ses caractères à partir de sa base en direction acropète, devant l'extension du méristème latéral qui finit par occuper la totalité du dôme apical. La foliogénèse est alors terminée (feuilles 30 à 35). On constate alors dans le méristème apical général la présence d'un tissu stratifié dense, à très gros noyaux, territoire présomptif d'où sortiront les ébauches florales. Le dôme apical perd son individualité en se scindant en bourgeons floraux axillaires. Les formations foliaires qui continuent encore d'apparaître au cours de la régression de la zone centrale ont la signification de bractées florales.

Des zonations analogues ont été décrites chez les Gymnospermes et chez quelques Angiospermes. L'exemple présenté dans cette Note apporte des précisions sur la signification ontogénique de cette zonation et sur son évolution au cours du développement apical.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *A propos de l'existence de grains de pollen polyploïdes chez* Capsicum annuum *L.* Note de Mme **Jacqueline Vazart**, présentée par M. Raoul Combes.

Les anthères de plusieurs variétés de Piments renferment des grains de pollen polyploïdes ayant pour origine la fusion prophasique de deux ou trois noyaux haploïdes, demeurés dans une même cellule par suite d'un cloisonnement irrégulier des tétrades.

La présence de grains de pollen polyploïdes dans les étamines de nombreuses espèces végétales est un phénomène bien connu, généralement lié à la constitution génétique de ces plantes ou bien à l'intervention naturelle ou provoquée de facteurs externes susceptibles de produire des irrégularités dans là méiose. La polyploïdie est alors due soit à l'absence d'appariement chromosomique, soit à la suppression totale ou partielle de la division hétérotypique, soit à la reconstitution de noyaux diploïdes lors de la télophase II, l'anaphase n'ayant pas eu lieu; dès lors la réduction chromatique n'existe plus ou se trouve ramenée à une phase extrêmement fugace, puisque les noyaux ont tous conservé ou retrouvé leur état diploïde en fin de méiose.

Examinant la différenciation des noyaux dans le pollen de *Capsicum annuum* L. ($2n = 24$), nous avons constaté la production naturelle de grains polyploïdes suivant un processus très spécial et demeuré jusqu'à présent ignoré.

La méiose des variétés étudiées est parfaitement régulière : elle aboutit à la formation de quatre noyaux haploïdes tout à fait normaux à partir de chaque cellule-mère; mais, par la suite, la division cellulaire ne s'effectue pas ou s'effectue seulement de façon incomplète dans certaines tétrades. Au milieu des jeunes grains de pollen uninucléés on observe, alors, des cellules de plus grande taille, contenant les unes deux, les autres trois noyaux. Lorsque commence la première mitose pollinique, qui intervient assez rapidement à l'intérieur de l'anthère, ces noyaux entrent simultanément en prophase; leurs chromosomes se mêlent et contribuent bientôt à l'édification d'une plaque équatoriale commune, diploïde ou triploïde. La division se poursuit et conduit à la constitution de pollen binucléé dont les deux noyaux, comprenant $2n$ ou $3n$ chromosomes, se différencient plus tard en un noyau végétatif et un noyau reproducteur. Un tel procédé de fusion nucléaire était connu à ce jour, par exemple, lors de l'union des noyaux polaires et d'un anthérozoïde ou dans les cellules du tapis de certaines espèces.

Les grains triploïdes sont plus gros que les diploïdes qui ont eux-mêmes un volume approximativement double de celui des grains normaux. Les plaques équatoriales à 24 chromosomes sont identiques à celles observées dans le

méristème des radicelles : leurs éléments sont de même taille, de même forme et occupent la même superficie à l'intérieur de la cellule.

Nous n'avons pas fait le décompte exact du nombre de grains polyploïdes; cependant leur proportion nous paraît être de l'ordre de 5 à 10 % en fin de saison chez les deux variétés étudiées : *Ruby King* et *de Cayenne*.

Nous ignorons également si de tels grains sont fonctionnels. Les semences issues de ces plantes n'ont pas encore été remises en culture; au cours de l'année précédente nous n'avions constaté aucune variation dans ces lignées qui s'étaient montrées bien homogènes ; il semble d'ailleurs probable que dans les conditions naturelles le pollen polyploïde, mis en concurrence avec le pollen normal, doive être supplanté par celui-ci tant du point de vue de l'activité germinative que du pouvoir fécondant.

Ce phénomène, conséquence directe de l'absence partielle de la formation de membranes cellulaires en télophase II, est dû, sans doute, à l'influence du climat de la région parisienne où le froid gêne souvent la fructification du Piment; il est d'ailleurs reconnu que les basses températures sont parmi les plus efficaces des agents inhibiteurs de la cytocinèse.

BIOLOGIE FLORALE. — *Réversibilité de l'état reproductif à l'état végétatif sous l'effet du photopériodisme.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Lorsqu'on transfère une plante sensible au photopériodisme de conditions photo-inductives en conditions non photo-inductives, on observe souvent un retour de l'état de floraison à l'état végétatif. Mais d'ordinaire, les bourgeons qui ont subi le moindre commencement d'induction achèvent de fleurir, ou bien avortent, mais ne repoussent pas en rameaux végétatifs, de sorte que la croissance végétative que l'on observe est le fait des seuls bourgeons que l'induction n'avait pas atteints et qui montrent d'emblée une forme et une structure purement végétatives. De rares exceptions se rencontrent chez des plantes de jours courts, comme *Kalanchoe Blossfeldiana* étudiée par Harder, où l'on voit des inflorescences régressées et devenues phyllodiques en montrant des feuilles au lieu de bractées et des fleurs plus ou moins avortées [1].

Dans mes expériences, des plantes de jours longs présentent une remarquable diversité de cas de réversion des bourgeons induits eux-mêmes. L'un des plus frappants est celui que présente aisément *Scabiosa ukranica* dont j'ai déjà décrit le dimorphisme foliaire lié aux conditions de durée relative

(1) R. Harder et O. Bode, *Planta*, 33, 1943, p. 653-702. R. Harder, *Symp. of the Soc. for Exp. Biol.*, 11, (1947), 1948, p. 117-138.

d'éclairement et d'obscurité ([2]) et pour laquelle je précise ici les possibilités expérimentales de la réversibilité du développement :

Cette plante, élevée en jours courts de 8 heures, se présente à l'état d'une rosette à ras de terre, avec feuilles épaisses et profondément découpées. Induite alors par 8 à 15 jours en éclairement continu, puis ramenée en jours courts, elle montre, environ 4 semaines plus tard, l'élongation de l'axe qui porte des feuilles opposées plus minces, moins découpées, et finalement étroites, linéaires et simples. Une telle induction a été assez puissante pour amener à l'extrémité apicale de l'axe allongé la formation d'un capitule qui fleurit au bout d'environ 8 à 10 semaines et fructifie normalement. Mais les rameaux axillaires de premier ordre de l'inflorescence, moins fortement induits, montrent seulement une paire de feuilles bractéales simples, et, à l'extrémité, un capitule où figurent seules les bractées de l'involucre tandis que les fleurs sont avortées. Les rameaux axillaires de deuxième ordre, portés sur les rameaux de premier ordre, montrent aussi la formation d'une couronne de pièces involucrales quasi verticillées. Mais l'activité terminale de l'axe qui les porte fournit ensuite, à la place des fleurs avortées, une rosette de feuilles successivement simples et minces, puis de plus en plus divisées et charnues, jusqu'à reconstituer entièrement une rosette végétative, perchée haut sur les flancs de l'inflorescence, et identique aux rosettes de base d'une plante élevée en jours courts.

Chez *Scabiosa canescens* (= *S. suaveolens*), où le dimorphisme foliaire est l'inverse du précédent, avec feuilles ovales entières en jours courts, et finement laciniées en jours longs sur les inflorescences, les faits de réversion sont analogues, mais il sont étalés sur une durée beaucoup plus grande, les temps d'induction à la floraison sont plus longs, et surtout le délai nécessaire à la réversion végétative est considérable : quand le développement a été orienté vers la floraison, on voit succéder aux feuilles entières des feuilles laciniées qui se disposent le long de l'axe vertical et allongé d'une inflorescence si la plante est maintenue en jours longs, et qui restent en rosette si la plante est ramenée en jours courts. Ensuite, selon l'intensité de l'induction reçue, 2 à 6 semaines par exemple, l'inflorescence finit ou non par donner un capitule terminal, mais il faut attendre environ un an avant d'être certain du cours que prendra le développement : capitule fleuri sur un axe à peine allongé, ou rosettes de feuilles revenant lentement à la forme ovale et entière de jours courts. Il faudra attendre encore de nombreux mois pour voir les rameaux axillaires de 1er et de 2e ordre de l'inflorescence évoluer vers l'état de capitules à fleurs avortées ou vers l'état de rosettes végétatives perchées.

Chez d'autres plantes, la réversion présente un caractère de *tout ou rien*.

([2]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 129-131 ; *Bul. Soc. Bot. Fr.*, **96**, 1949, *Mém.*, p. 106-149.

Par exemple, chez *Anagallis arvensis* élevé en jours courts, induit par une semaine en jours continus, puis ramené en jours courts, on voit les rameaux principaux, porteurs de bourgeons axillaires qui se développent en petits rameaux feuillés à quelque distance du sommet, fournir, sans transition, chacun une fleur au lieu d'un rameau; puis, l'induction s'épuisant, des rameaux axillaires réapparaissent un mois plus tard environ, succédant sans transition à la dernière fleur axillaire formée.

Chez d'autres plantes enfin, comme *Helianthemum guttatum*, *Nigella damascena*, etc., la réversion ne semble pas possible : dès que l'induction de floraison a été déclenchée, le phénomène est comme irréversible, et tous les bourgeons, le terminal puis les axillaires, se mettent successivement à fleurs, même en jours courts, jusqu'à ce que mort s'ensuive.

En variant les intensités de l'induction photopériodique, on semble donc devoir disposer, chez les plantes à induction réversible, d'un agent délicat et dosable du déclenchement, dans le bourgeon, des modes de croissance propres au développement reproducteur, puis d'un retour progressif à la croissance végétative, qui seront favorables aux recherches sur l'organogénèse.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques* Iris Pogocyclus *et* Pogoregelia. I. *Hybrides réalisés à partir de l'*I. chamæiris. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait que les *Iris Oncocyclus* ont tous un même nombre de chromosomes ($n = 10$) et qu'il y a des *Regelia* diploïdes ($n = 11$) et tétraploïdes ($n = 22$). Des hybrides ont été obtenus à partir de ces trois types caryologiques et les *Pogoniris*, en particulier l'*I. chamæiris* ($n = 20$), pour donner des *Pogocyclus* et des *Pogoregelia* que dans cette Note nous appellerons conventionnellement diploïdes ou tétraploïdes suivant la contribution chromosomique de l'espèce *Regelia*.

Nous avons déjà décrit (1) la méiose d'un tel hybride *Pogocyclus* : *I. chamæiris* × *iberica* = *I.* × *Mme Steichen* (Denis) à $2n = 30$ et d'un de ces *Pogoregelia* diploïdes : *I. olbiensis* (= *I. chamæiris*) × *Korolkowi violacea* (Dykes) à $2n = 31$. Dans l'un et l'autre, la conjugaison est très faible (2-5 bivalents).

A partir de l'*I. chamæiris*, nous avons pu réaliser avec l'*I. susiana* un autre *Pogocyclus* et étudier plusieurs *Pogoregelia*, certains nouveaux, obtenus avec les types diploïdes (*I. flavissima* et *Korolkowi violacea*) et tétraploïdes (*Korolkowi*, *Leichtlini* et *Hoogiana*).

La méiose de ces hybrides, à la métaphase hétérotypique, se présente comme il suit (2) :

---

(1) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 66, 1932, p. 255-444.

(2) Dénombrements effectués sur 50 ou 100 cellules-mères des grains de pollen.

Chez les *Pogocyclus* : l'*I. chamæiris* × *susiana* ($2n = 30$) et chez les *Pogoregelia* diploïdes ($2n = 31$) : les *I. chamæiris* × *flavissima* (Cook A. 635) et *Korolkowi violacea* × *chamæiris* (Miss Sturtevant), tout comme l'*I.* × *M*[me] *Steichen* et l'hybride de Dykes, montrent 1-6 bivalents, quelques trivalents et plus rarement encore des tétravalents soit, en moyenne, par cellule, pour le premier : 23,4 univalents, 3,0 bivalents, 0,2 trivalents et 0,02 quadrivalents; pour le second : 24,4 univalents, 3,0 bivalents, et 0,2 trivalents, et pour le troisième : 23,3 univalents, 3,2 bivalents, 0,4 trivalents et 0,01 quadrivalents; c'est-à-dire respectivement 6,6, 6,6 et 7,7 éléments conjugués pour 3,2, 3,2 et 3,6 configurations chromosomiques, souvent hétéromorphiques.

Chez les *Pogoregelia* tétraploïdes ($2n = 42$) : les hybrides *olbiensis* (= *chamæiris*) × *Korolkowi* (Denis), *chamæiris* × *Leichtlini* (Cayeux) et *Hoogiana* × *chamæiris* (Cayeux) présentent 11-16 bivalents et quelques trivalents (1-2) soit, en moyenne, par cellule, pour le premier : 14,1 univalents, 13,6 bivalents et 0,2 trivalents; pour le second : 12,9 univalents, 12,9 bivalents et 1,1 trivalents et pour le troisième : 13,8 univalents, 13,1 bivalents et 0,6 trivalents; c'est-à-dire respectivement 27,8, 29,1 et 28,0 éléments conjugués pour 13,8, 14,0 et 13,7 configurations chromosomiques.

De ces examens on constate que si des modes de conjugaison très semblables ont été décelés dans chaque catégorie d'hybrides, il existe pourtant une différence significative si l'on oppose ces mêmes *Pogocyclus* et *Pogoregelia* diploïdes aux *Pogoregelia* tétraploïdes en ce qui concerne le nombre des éléments conjugués et des configurations chromosomiques qui, en effet, passent de 6,6-7,7 à 27,8-29,1 et de 3,2-3,6 à 13,7-14,0.

Chez les *Pogocyclus* et les *Pogoregelia* diploïdes, le peu d'éléments conjugués doit indiquer une faible homologie des chromosomes des espèces parentes qui morphologiquement sont très distinctes (de Sections botaniques bien différentes). Chez les *Pogoregelia* tétraploïdes, la même différence morphologique existe et le peu d'affinité des chromosomes devrait encore se manifester, et pourtant le nombre des bivalents est fortement accru. Or, cet accroissement ne correspond certainement pas à une augmentation d'affinité des géniteurs entre eux, mais bien plutôt à une différence dans le degré de polyploïdie des *Regelia* utilisés ($n = 11$ ou 22). En effet, chez les *Pogoregelia* tétraploïdes il y a bien environ 22 chromosomes conjugués et 11 configurations en plus que chez les *Pogoregelia* diploïdes. Cette différence s'explique si l'on considère que ces éléments peuvent correspondre à l'union autosyndétique des chromosomes *Regelia* lorsque leur contribution gamétique est diploïde (à leur asyndèse si cette contribution est haploïde). D'ailleurs, comme nous l'avons déjà montré chez d'autres *Pogocyclus* (*loc. cit.*) et *Pogoregelia* [3], on a observé à nouveau

---

(3) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 69, 1935, p. 178-212.

que les chromosomes particuliers des *Oncocyclus* restent en général inappariés, comme ceux des *Regelia* chez les *Pogoregelia* diploïdes, tandis que chez les *Pogoregelia* tétraploïdes ces mêmes chromosomes, alors en nombre double, s'apparient normalement.

Mais il y a encore chez les *Pogocyclus* et *Pogoregelia* diploïdes 6 à 8 éléments conjugués qu'on retrouve chez les *Pogoregelia* tétraploïdes. Puisque chez ces derniers les chromosomes *Regelia* s'accouplent *inter se* et qu'ils restent inappariés chez les *Pogoregelia* diploïdes, comme ceux des *Oncocyclus* chez les *Pogocyclus*, on peut supposer que la plupart des éléments conjugués doivent aussi provenir d'une union autosyndétique de quelques chromosomes (au maximum 8) ou partie de chromosomes de l'autre géniteur, c'est-à-dire l'espèce *Pogoniris*, bien que des éléments *Oncocyclus* et *Regelia* puissent contribuer à la formation des trivalents et tétravalents observés. Ainsi l'*I. chamæiris* posséderait dans son idiogramme haploïde ($n = 20$) un double stock de chromosomes (4×2) ou partie de chromosomes homologues (un tétravalent est parfois présent à la méiose de cette espèce). Les 12 autres éléments, sans autre homologie, seraient d'origine allopolyploïde. Il résulte de ces premières analyses méiotiques, que l'*I. chamæiris* pourrait être considéré comme une espèce auto-allopolyploïde de formule génômique AABCD. L'étude d'autres hybrides permettra sans doute de vérifier si une telle conjugaison a bien cette signification d'ordre génômique ou se rapporte simplement à une attraction syndétique plus ou moins forte et variable de quelques chromosomes dont l'origine demandera à être précisée.

GÉOLOGIE. — *Sur la paléogéographie du Crétacé dans la partie occidentale de la Méséta marocaine.* Note de M. **Marcel Gigout**, présentée par M. Paul Fallot.

L'avancement de mes levés géologiques dans la portion occidentale de la Méséta marocaine permet de préciser la paléogéographie du Crétacé.

Partons de Safi, où Ed. Roch (1) a décrit un Néocomien très fossilifère qui comprend les termes suivants : sur du Jurassique supérieur épais et riche en gypse, et sans lacune apparente, le Valanginien est représenté par 5m de calcaire construit, puis l'Hauterivien par 60m d'argiles à *E. Couloni* et 60m de calcaire gréseux dits *de Dridrat*. Cette série se termine par des couches argilo-sableuses rouges, partiellement marines, qui atteignent 60m de puissance au Nord de Safi (Safi-Bouchta).

A Louis-Gentil on trouve sur le même Jurassique supérieur 20m de calcaire; puis 15m d'argiles vertes qui ont fourni à la base des Ammonites du Valanginien : *Neocomites* aff. *campylotoxus* Uhlig; *Kilianella* gr. *pexyptycha* Uhlig;

(1) *Notes et Mém. Serv. Mines, Rabat*, n° 9, 1930, p. 271.

K. gr. *superba* Sayn, (déterminations de Mme E. Basse de Ménorval, MM. M. Breistroffer et J. Sornay). Enfin 20m d'argiles et grès rouges au moins en partie marins, qui représentent probablement l'Hauterivien.

La mer néocomienne est largement transgressive vers l'Est puisqu'elle recouvre, pour la première fois depuis l'orogenèse hercynienne, les Doukkala et la bordure des Réhamna. En effet à quelques kilomètres à l'Est de Louis Gentil, dans la vallée de l'Oued bou Chane, le calcaire valanginien s'étend sur le Primaire et le Stéphano-Trias, le plus souvent par l'intermédiaire d'un conglomérat et de sables rouges dont l'épaisseur peut atteindre 50m, mais qui manquent partout où le substratum rocheux est en saillie. Au-dessus du calcaire viennent des argiles et sables entièrement rouges, épais de 100m au maximum, et qui paraissent se terminer par des terrains continentaux très réduits.

J'ai suivi pas à pas les trois termes du cycle néocomien, conglomérat rouge de base, calcaire, argiles et sables rouges supérieurs, jusqu'à Safi Saïd Mâachou vers le Nord, et au voisinage d'El Borouj en direction de l'Est. Le conglomérat de base renferme localement des lentilles de calcaire récifal (le M'tal, Si Saïd Mâachou). Près de Caïd Tounsi j'ai trouvé à la base des argiles rouges supérieures *Neocomites* gr. *pronecostatus* Felix, du Valanginien (détermination de MM. M. Breistroffer et J. Sornay).

Le banc calcaire fossilifère qui, à Mechra ben Abbou, avait été attribué par L. Gentil au Rhétien, n'est autre que le calcaire valanginien ([2]), Mlle S. Gillet poursuit l'étude de ce matériel délicat.

La mer néocomienne n'a pas complètement submergé le massif des Réhamna; elle respectait également la région de Mazagan et Casablanca, ainsi que des îles de moindre importance à Imfout et dans l'Oued Khibane.

Après une régression probablement complète, la mer s'est avancée à nouveau sur le continent au Cénomanien, mais cette fois par le Nord. Elle s'est engagée un peu plus loin que la mer néocomienne sur le massif des Réhamna, mais sans le recouvrir entièrement. La proximité des rivages est soulignée par une diminution d'épaisseur et une sédimentation plus calcaire, mais il n'y a pas de conglomérat de base. Le Cénomanien manque dans les Ganntour, de Louis-Gentil à la Nzala Arrarcha. Le Turonien calcaire et le Sénonien inférieur marneux suivent le sort du Cénomanien.

Le Maestrichtien marque une reprise de la conquête marine. Les terrains de cet âge ont recouvert tout le massif des Réhamna, à l'exception de quelques îlots rocheux. Ils reposent à Louis-Gentil sur le Néocomien, avec une légère discordance cartographique. C'est au Maestrichtien que commence la sédimentation phosphatée, extrêmement riche en débris de Vertébrés. L'Eocène

---

([2]) M. G. Dubar (*in* Ed. Roch, *op. cit.*, p. 181, note *infra paginale*) a retrouvé le gisement de L. Gentil, dont l'emplacement était imprécis.

lui fait suite sans discontinuité, sous le même faciès, avec une légère transgression vers le Sud sur le bord des Jebilet.

Influences rouges. — La répartition des terrains rouges au début du Crétacé s'accorde avec l'hypothèse du remaniement par la mer de dépôts continentaux rubéfiés : au Néocomien le conglomérat de transgression et les argiles et sables terrigènes de la régression sont rouges, tandis que le calcaire moyen et les sédiments directement superposés au Jurassique échappent à cette coloration. La teinte rouge est plus vive dans le conglomérat de base, atténuée dans les argiles supérieures. Le Cénomanien comporte encore à la base quelques lits d'argiles roses.

Conclusions. — Ainsi, entre les diverses hypothèses proposées en l'absence de fossiles pour l'âge des *couches rouges infracénomaniennes* de la Méséta marocaine occidentale, c'est celle de Ed. Roch (*op. cit.*, p. 494) qui s'avère exacte : ces couches correspondent essentiellement à une incursion éphémère mais étendue de la mer néocomienne, venant de l'Ouest. L'absence du Cénomanien, du Turonien et du Sénonien inférieur dans les Ganntour est par contre un fait nouveau. Enfin la transgression du Maestrichtien, qui fait suite à de légères déformations, mérite d'être soulignée puisqu'elle est la seule qui ait noyé presque entièrement la Méséta marocaine occidentale.

GÉOLOGIE. — *Carte structurale de la région Forbach, Sarreguemines, Deux-Ponts.* Note (*) de M. **Nicolas Théobald**, transmise par M. Pierre Pruvost.

A. *Établissement de la carte structurale.* — Les levers géologiques exécutés en vue de la publication des feuilles à 1/50 000 Forbach et Walschbronn m'ont permis de construire une carte structurale de la couverture triasique de cette région. J'ai choisi comme niveau de référence le sommet des grès à Voltzia. Cet horizon est d'une part facile à identifier sur le terrain et a été recherché systématiquement. Il couvre d'autre part la presque totalité de la région envisagée.

B. *Analyse de la carte structurale.* — L'examen de la carte permet de dégager certaines conclusions sur la tectonique de cette portion du synclinal de Sarreguemines.

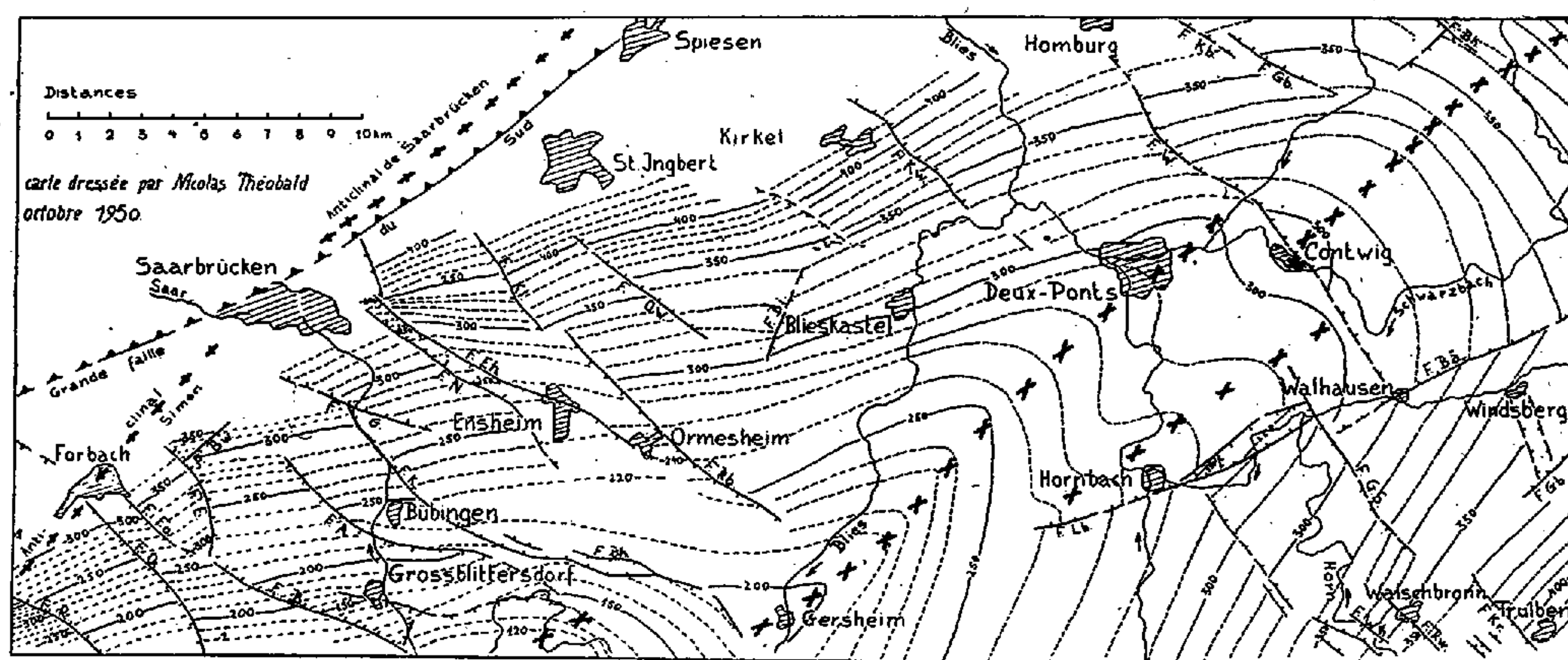
L'axe du synclinal, de direction générale SW-NE, est découpé en tronçons décrochés les uns par rapport aux autres. Ainsi le fossé de Gräfenthal rejette l'axe du synclinal de Sarreguemines de 3^{km} vers le Sud-Est. Le tronçon suivant allant de Gersheim à Deux-Ponts se double d'un axe secondaire distant de 4^{km} vers le Sud-Est et passant à Hornbach.

Au delà de la faille du Wéisserhubel l'axe du synclinal, décroché à nouveau, se place entre les deux précédents et part de Contwig vers le Nord-Est.

L'axe du synclinal a une pente en direction SW variant entre 4 et 10 ‰.

(*) Séance du 13 novembre 1950.

Ces variations semblent dues au fléchissement des couches au voisinage des failles transversales le recoupant. Les flancs du synclinal sont dissymétriques. Sur la ligne transversale Blieskastel-Hornbach le flanc NW a une pente générale de 16 $^{0}/_{00}$, le flanc S une pente générale de 6 $^{0}/_{00}$. Cette dernière pente est inférieure à la pente générale de l'axe synclinal.



Carte structurale de la région de Sarrebruck-Deux-Ponts.

La carte montre une portion du synclinal de Sarreguemines et s'étend sur le domaine des feuilles 1/50 000 : Forbach (à l'Ouest) et Walschbronn (à l'Est).

Niveau repère = $\frac{\text{Grès coquilliers (base du Muschelkalk)}}{\text{Grès à Voltzia (sommet du Buntsandstein)}}$. Équidistance des courbes = 10 m.

Désignation des failles : R = Rossbruck; O = Oeting; B = Behren; F = Felsberg; E = Etzling; Bw = Bangenwald; G = Güdingen; K = Kappelberg; A = Alsting; Bh = Buchholz; N = Neuscheidt; Eh = Ensheim; Kl = Kleinstiefelberg; Rb = Remschelberg; OW = Oberwürzbach; Bi = Biesingen; W = Weisehübel; Kb = Kastenbühl; G B = Gross-Bundenbach; Bhn = Biedershausen; Bä = Bärenhütte; Gb = Gersbach; GS = Gross-Steinhausen; Lb = Lohberg; Kr = Kröppen; Rw = Rothmünsterwald; Wh = Walhausen.

Or tandis que le flanc N ne porte pas de failles longitudinales, le flanc S porte la faille longitudinale conforme du Lohberg qui aurait dû accentuer la pente générale. La pente moindre du flanc SE me semble due à un mouvement de tassement du flanc SE, sans doute en relation avec un mouvement de bascule de la Haardt vers le fossé rhénan en voie d'affaissement.

Les failles transversales affectant la couverture triasique sont toutes des failles directes. Les unes sont conformes, exemple : f. d'Œting, f. de Forbach, f. d'Alsting, f. du Buchholz, f. d'Ensheim, f. du Kleinstiefelberg etc. La plupart sont contraires, exemple : f. de Rossbruck, f. de Behren, f. du Kappelberg, f. de Neuscheidt, f. d'Oberwürzbach, f. du Kirklerwald, f. du Weisserhubel, etc. Sur le flanc NW, le rejet total des failles contraires est de $+315^{\text{m}}$, celui des failles conformes de -230^{m}. La résultante du jeu des failles est en définitive un relèvement relatif de 85^{m} sur une distance de 45^{km}.

Dans l'axe du synclinal l'effet des failles conformes et des failles contraires se compense dans le secteur considéré. D'ailleurs la plupart des failles s'effacent en s'approchant de l'axe du synclinal.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge de la* Grober Oolith *du Jura-Suisse et des* Ferrugineus-Schichten *de Bade*. Note de M. **Pierre L. Maubeuge**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les travaux de L. Rollier, de H. Schmassmann et de Fr. Lieb [1] ont traité de la stratigraphie des couches bajobathoniennes du Jura-Suisse. Par ses études sur les Brachiopodes exclusivement, Fr. Lieb pense pouvoir ranger la *Grober Oolith* dans le Bathonien moyen et les *Couches de Movelier* dans le Bathonien inférieur.

Or les listes d'Ammonites citées dans la *Grober Oolith*, de même que celles des *Ferrugineus-Schichten* de Bade, supposées synchroniques, m'avaient paru renfermer des espèces en rupture d'épiboles et même de zones. Des études sur le terrain, la révision des matériaux du Musée d'Histoire Naturelle de Bâle, l'examen sommaire de ceux de l'Université de Fribourg en Brisgau, le tout en liaison avec des études comparées sur le Bathonien lorrain, m'ont amené à des conceptions nouvelles.

J'ai reconnu parmi les Ammonites recueillies aux environs de Bâle, dans la *Grober Oolith* :

Parkinsonia Parkinsoni Sow. (7 exemplaires); *Parkinsonia neuffensis* Opp. (1 ex.); *Park.* cf. *depressa* Qu. in Nic. (1 ex.); *Park. pseudoparkinsoni* Wetz. (1 ex.); *Park. depressa* Qu. (1 ex.); *Park. planulata* Qu. in Dorn (1 ex.); *Park. schlœnbachi* Schl. (1 ex.); *Oxycerites* sp. ind. (3 ex.); *Oxyc.* cf. *fallax* Guéranger (1 ex.); *Perisphinctidæ* ind. (1 ex.); *Pseudoperisphinctes* sp. nov. (1 ex.; détermination W. J. Arkell); *Gracilisphinctes* cf. *verciacensis* Liss. (1 ex.); *Siemiradzkia* sp. nov. (1 ex.; dét. W. J. Arkell); *Hecticocaceras inflexa* de Gross. (1 ex.).

L'assemblage est hétéroclite, des formes du Bajocien supérieur et du Bathonien inférieur étant pêle-mêle.

Les auteurs allemands avaient cité un ensemble identique dans les *Ferrugineus-Schichten* de Bade [1]. Or il y a bien de nombreuses espèces de *Parkinsonia* du Bajocien supérieur, dont *P. Parkinsoni* Sow., typique, et des

---

[1] L. Rollier, *Les faciès du Dogger ou Oolithique dans le Jura et les régions voisines* (Mém. publié par la Fondation Schnyder von Wartensee, Zürich, 1911); H. Schmassmann, *Tätigkeitsberichte d. Naturf. Gesell. Baselland*, Band 14, 1944, p. 13-180; Fr. Lieb, *Ibid.*, Band 15, 1946, p. 118-225; P. L. Maubeuge, *Sur le Bathonien et en particulier sur le Bathonien lorrain*, Nancy, 1950, p. 16; K. H. Sindowski, *Berichte d. Naturf. Gesell. z. Friburg i. Br.*, Bd. 53, H. I, 1936, p. 1-102.

P. ferruginea Opp. ainsi que *P. wurttembergica* Qu. Mais un *Oxycerites* déterminé comme *Oppelia aspidoides* est en réalité un spécimen peu déterminable de *Ox.* du groupe de *fallax* Guer.

La seule coupe actuellement visible dans la *Grober Oolith* est située au champ de tir entre Sichtern et Thalacker (à l'Ouest de Liestal); malheureusement, elle est fragmentaire. La formation y est visible à son sommet, et sur la plus grande partie de sa base, avec une puissance de 10^{m} environ. Au sommet, sous une surface d'érosion portant les *Varians-Schichten*, marnocalcaires, on trouve dans une série fossilifère, dépourvue d'Ammonites, des représentants nombreux d'*Anabacia orbulites* Lam. A la partie inférieure, j'ai trouvé des *Parkinsonia* typiquement du Bajocien supérieur.

L'examen des couches et des Ammonites montre qu'il ne peut y avoir eu reprise de faunes antérieurement déposées et mélangées ainsi à des Ammonites plus récentes, bien que la sédimentation grossière ait eu lieu dans des eaux très agitées.

Il faut alors admettre, pour que les couches du Jura-Suisse ne présentent pas d'anomalies par rapport aux autres régions connues (il en est de même en Bade) que la sédimentation a eu le même faciès du Bajocien supérieur au Bathonien inférieur. Une marque d'arrêt dans la sédimentation peut très bien indiquer la limite des deux étages, et être difficilement visible dans ce faciès continu. Il se peut aussi que le Jura-Suisse soit la première région connue où il existe une continuité stratigraphique entre le Bajocien et le Bathonien.

En Lorraine, nous trouvons un exemple de série en apparence continue également entre le Bajocien et le Bathonien, dans la région du synclinal de l'Orne. A Trieux, Tucquegnieux, on ne voit que très difficilement un mince niveau d'érosion au sein d'une série marnosableuse et calcareomarneuse.

En poursuivant la comparaison avec la Lorraine ([1]), on voit que le sommet de la *Grober-Oolith* renferme *Anabacia orbulites*, comme les *Caillasses à* Anabacia et que les deux formations ont un faciès grossièrement oolithique (du moins en Lorraine centrale). Quant aux Ammonites, elles montrent bien peu de formes datant du Bathonien inférieur, dans le Jura-Suisse; l'ensemble de la faune paraîtrait Bajocien supérieur si ce n'était la présence des *Oxycerites, Hecticoceras* et *Perisphinctidæ*. En Bade, la faune montre plus d'espèces typiquement du Bathonien inférieur (faune des *Caillasses* de Lorraine) toujours avec des formes incontestablement du Bajocien supérieur.

Pour résumer, on notera que : en Bade et dans le Jura-Bâlois, les couches de la limite Bajocien-Bathonien ne montrent pas de remaniements de faune à l'examen des coupes et des fossiles. Il en demeure que des récoltes de fossiles à des niveaux paléontologiques distincts ont été faites sans que ceux-ci soient distingués vu l'uniformité de faciès.

C'est l'interprétation que je propose plutôt que d'admettre d'importantes

ruptures de zones pour des Ammonites indices; de telles ruptures jusqu'à présent n'ont jamais été nettement démontrées.

En conclusion, contrairement aux auteurs suisses récents, je place le sommet de la *Grober-Oolith* dans le Bathonien inférieur et sa base dans le Bajocien supérieur. Les *Couches de Movelier*, inférieures, en sont vraisemblablement rejetées dans le Bajocien supérieur.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur l'application d'un dispositif électromagnétique à la mesure des caractéristiques de la houle.* Note (*) de M. **Charles Bois**, présentée par M. Charles Maurain.

La transmission électromagnétique, utilisée pour l'inscription des mouvements du sol par les séismographes Galitzine, peut également être appliquée à la mesure des caractéristiques de la houle, soit pour l'étude des ondes de pression au moyen de manomètres, soit pour l'étude des amplitudes à l'aide de marégraphes.

1. *Manomètres.* — Les manomètres enregistreurs installés pour la mesure des caractéristiques de la houle utilisent des jauges extensométriques ([1]) ou transforment les fluctuations de la pression en modulations électriques ([2]). Un dispositif dit de fuite lente (*slow leak*) permet d'éliminer les variations lentes de pression dues à la marée.

La présente Note est destinée à faire ressortir les avantages d'un autre mode de transmission dont nous allons indiquer le principe. La capsule manométrique commande une tige qui porte une bobine plate se déplaçant dans l'entrefer d'un aimant permanent; cette bobine est connectée avec un galvanomètre. Quand la bobine se déplace sous l'influence d'une variation de pression, il se produit un courant induit qui fait dévier le cadre du galvanomètre. Ces déviations sont enregistrées suivant la méthode photographique ordinaire. La théorie du manomètre électromagnétique offrant une grande analogie avec celle du séismographe Galitzine, nous nous bornerons à indiquer le résultat. La loi de la variation de la sensibilité de l'appareil en fonction de la période du mouvement reçu est donnée par le facteur d'amplification

$$F = \frac{b}{\sqrt{(\omega^2 - b^2)^2 + 4b^2\varepsilon^2}},$$

(*) Séance du 20 novembre 1950.

([1]) Pour le modèle français, *voir* J. Valembois, *La Houille Blanche*, n° spécial B **1949**, Grenoble, 1949, p. 707-716. Un appareil du type établi par l'Amirauté anglaise sera installé prochainement à Casablanca par les soins du Commandant Roux, directeur de l'Institut de Physique du Globe. A notre connaissance, il n'a pas été publié de description de cet appareil.

([2]) W. H. Munk, *Tracking Storms by forerunners of swell. Contributions from the Scripps Institution of Oceanography*, new series, n° **306**, La Jolla, California, 1948.

où ω est la pulsation du galvanomètre, ε le coefficient d'amortissement et b la pulsation du mouvement reçu. Le maximum de sensibilité se produit quand la période du mouvement de la mer est égale à celle du galvanomètre. Ici, la théorie s'écarte de celle du séismographe pour lequel l'amortissement intervient : cela tient à ce que la période propre des vibrations de la capsule manométrique est d'une fraction de seconde; ces vibrations sont sans effet sur le galvanomètre et il n'y a pas à en tenir compte. La sensibilité est nulle quand la période est nulle; elle tend vers zéro quand la période tend vers l'infini. Les ondes à très longue période (marée) se trouvent donc éliminées automatiquement sans qu'il soit nécessaire d'introduire un *slow leak*. Pour que le dispositif fonctionne dans de bonnes conditions, il suffit de donner au galvanomètre une période de l'ordre de la période moyenne de la houle au lieu d'observations.

Le dispositif ne comporte qu'un seul circuit, celui du galvanomètre; il n'exige donc qu'un câble à 2 conducteurs (au lieu de 3, 4 et 6 dans les appareils existants). La suppression des batteries d'accumulateurs constitue une simplification considérable. Enfin, il n'y a pas de pièces délicates. Les aimants peuvent être utilisés sans réaimantation 15 ou 20 ans; il est peu probable qu'on puisse répondre d'une telle durée pour les jauges extensométriques, les membranes de caoutchouc, la viscosité des liquides employés dans le *slow leah*, etc. Si, avec le temps, la capsule manométrique se déforme, avec les appareils actuels, le zéro se déplacera et les mesures s'en trouveront faussées. Avec le dispositif électromagnétique, si la déformation est lente, elle ne sera pas accusée par le galvanomètre; si elle est brusque, elle sera représentée sur le diagramme par une encoche, après quoi, l'appareil reprendra son zéro.

2. *Marégraphes*. — Il est possible d'adapter les marégraphes à l'inscription séparée de la houle pourvu que certaines conditions soient réalisées. Une bobine, connectée avec un galvanomètre et se déplaçant dans l'entrefer d'un aimant permanent sera commandée par le flotteur au moyen d'un jeu de fils et de poulies; les déviations du spot du galvanomètre seront inscrites sur un diagramme séparé par la méthode photographique ordinaire. Il y a deux cas à distinguer.

a. Le flotteur repose directement sur la mer libre (cas d'un marégraphe installé sur un wharf). La théorie est exactement la même que pour le manomètre, et les conclusions sont identiques.

b. Le flotteur du marégraphe est placé dans un puits communiquant avec la mer par une conduite. Le marégraphe ne peut être utilisé pour l'inscription séparée de la houle que si cette conduite débouche dans la mer libre. Dans le cas contraire, en effet, on ne saurait faire le départ entre le phénomène à étudier et les perturbations qu'il subit avant d'atteindre le flotteur. Le mouvement de la mer se transforme en se propageant dans la conduite et la théorie doit

être modifiée en conséquence. Le facteur d'amplification est donné par

$$F = \frac{b}{\sqrt{(1 + k^2 b^2)[(\omega^2 - b^2)^2 + 4 b^2 \varepsilon^2]}} \qquad \text{avec} \quad k = \frac{8\mu l R^2}{g r^4},$$

où R est le rayon du puits, r le rayon de la conduite d'amenée, l sa longueur, et μ le coefficient de viscosité de l'eau de mer. L'allure de la variation de la sensibilité en fonction de la période du mouvement reçu reste la même; les ondes à courte et à longue période sont éliminées. Mais la période correspondant au maximum de sensibilité n'est égale à celle du galvanomètre que si k ou $\varepsilon = 0$. En dehors de ces deux cas limites, la période à donner au galvanomètre sera toujours inférieure à celle du maximum de sensibilité. Soit T cette dernière, qui devra être prise égale à la période moyenne de la houle, et T_0 la période à donner au galvanomètre. on aura

$$T_0^2 = T^2 \frac{4\pi^2 k^2 + \sqrt{(T^2 - 4\pi^2 k^2)^2 + 4 k^2 \varepsilon^2 T^4}}{8\pi^2 k^2 + (4 k^2 \varepsilon^2 + 1) T^2}.$$

Ces quelques indications suffisent à montrer les services que peut rendre un dispositif électromagnétique pour l'étude des caractéristiques de la houle.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la vision chromatique et ses anomalies.* Note de M. **Aron Polack**, présentée par M. Armand de Gramont.

La vision chromatique normale et ses anomalies ont été classées arbitrairement suivant les hypothèses de la théorie trichromatique. Il serait rationnel d'adopter une terminologie des diverses anomalies basée sur l'expérience.

En 1880 Lord Rayleigh a découvert une nouvelle anomalie qui ne s'écarte de la vision normale que par la répartition différente de l'intensité lumineuse dans le spectre (1).

Pour l'étude de cette anomalie il a réalisé un appareil spectral qui permet de confirmer la possibilité de produire une sensation parfaite de jaune par le mélange de lumières rouge et verte, convenablement choisies.

Cette possibilité est donc devenue un fait indiscutable, mais n'autorise pas cependant à conclure avec Thomas Young et ses adeptes que la sensation du jaune spectral résulte toujours de l'action simultanée sur la rétine de ces deux couleurs, autrement dit de leur mélange physiologique. L'examen du champ visuel s'y oppose formellement; il montre, en effet, que le jaune est perçu à la périphérie de la rétine qui ne distingue ni le rouge ni le vert; ces couleurs ne peuvent donc être considérées comme ses composantes physiologiques.

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 577-578.

Une autre objection est fournie par l'anomalie Rayleigh elle-même, par le fait que l'œil atteint de cette anomalie n'accepte pas l'équation de l'œil normal entre le jaune spectral et le jaune composé expérimentalament de radiations rouges et vertes; mais trouve la couleur composée beaucoup trop rouge. Cependant, si la sensation du jaune spectral était réellement, comme le veut la théorie trichromatique, un mélange physiologique de rouge et de vert, il se produirait sur la plage éclairée par le jaune spectral le même phénomène, c'est-à-dire la même prédominance quantitative de rouge que sur la plage éclairée par le jaune composé et l'équation de Rayleigh resterait valable.

Sans la théorie trichromatique, Lord Rayleigh n'aurait pas manqué de se rendre compte que ces phénomènes ne sont pas seulement relatifs au jaune, mais qu'ils s'étendent à toutes les couleurs du spectre, susceptibles d'être reproduites par le mélange de deux autres; on peut donc affirmer que *le fait de pouvoir produire la sensation d'une couleur spectrale par le mélange de deux autres ne signifie nullement que cette couleur en représente seulement un composé physiologique.*

Cette déduction expérimentale ruine la théorie trichromatique dans ses fondements; elle impose l'obligation d'en libérer l'étude du sens chromatique, en lui donnant une terminologie indépendante de cette théorie. Par exemple, la vision des couleurs de la majorité pourrait être appelée *vision chromatique normale* et non trichromasie normale, qui consacre une erreur.

L'anomalie découverte par Lord Rayleigh ne diffère de la vision normale que par le déplacement du maximum lumineux vers les grandes longueurs d'onde; c'est plutôt une anomalie du sens lumineux. On peut lui donner le nom de son auteur ou mieux l'appeler anomalie du type *Balfour* qui englobe d'ailleurs l'ensemble des cas.

Dans l'anomalie découverte par Dalton sur lui-même et décrite dans une auto-observation en 1794, Seebeck a séparé en 1837, deux variétés. Libre de tout préjugé théorique, il les a désignées simplement par les lettres A et B. La variété B correspond au type *Dalton*; la variété A, décrite ultérieurement dans l'auto-observation de Nagel pourrait être appelée anomalie du type Nagel ou mieux *Seebeck-Nagel*. Ces deux variétés, dont la théorie a fait arbitrairement une cécité pour le rouge et une cécité pour le vert, diffèrent surtout l'une de l'autre par l'emplacement du maximum lumineux dans le spectre.

Reste l'anomalie, mentionnée pour la première fois par Daubeney en 1686 et étudiée plus en détail en 1777 par Huddart. On peut lui conserver le nom d'*achromatopsie totale*, caractérisée par l'absence de toute perception colorée, les couleurs ne différant les unes des autres que par leur degré de clarté relative.

On a donc en tout cinq types de vision chromatique, y compris celui de la vision normale; les autres variétés que l'on trouve dans les publications

n'existent pas dans le monde réel, elles ne sont que des créations imaginaires qu'il convient d'écarter.

On aura ainsi simplifié et assaini l'étude de la vision chromatique, arbitrairement compliquée depuis près d'un siècle.

CYTOLOGIE. — *Sur l'apparition de l'ultrastructure spécifique dans les cellules nerveuses embryonnaires.* Note (*) de MM. **Charles-Albert Baud** et **Élie Aboulafia**, transmise par M. Albert Policard.

Depuis les travaux de E. V. Cowdry ([1]), J. Szepsenwol ([2]) et A. Weber ([3]), on sait que la première trace d'une différenciation dans le cytoplasme des neuroblastes se manifeste sous forme de grains argyrophiles qui se disposent bientôt en rangées irrégulières, unis par des filaments que l'imprégnation argentique met en évidence; ces filaments représentent les premières neurofibrilles.

Nos recherches ont eu pour but d'observer si dès ce stade très précoce, les filaments neurofibrillaires présentaient l'ultrastructure caractéristique du tissu nerveux adulte. Nos observations ont porté sur des larves d'Axolotl de 9^{mm} de longueur totale, fixées et imprégnées par l'argent suivant la méthode de A. Weber ([4]). Les coupes en série ont été observées au microscope polarisant pour la détection du dichroïsme [Ch. A. Baud ([5])].

Les neuroblastes du tube nerveux se trouvent alors aux premiers stades de la différenciation neurofibrillaire. L'observation en lumière linéairement polarisée montre que les grains argyrophiles non orientés ne présentent tout d'abord aucun dichroïsme; puis lorsque, toujours séparés les uns des autres, ils commencent à se transformer en bâtonnets ou à se disposer en chaînettes, un dichroïsme apparaît à leur périphérie, dans une sorte de couche superficielle argyrophile qui les revêt, et qui semble représenter la toute première ébauche des neurofibrilles. Enfin, les filaments neurofibrillaires qui, un peu plus tard, unissent les grains les uns aux autres sont, dès qu'ils apparaissent, fortement dichroïques : lorsque la lumière vibre parallèlement à leur grand axe, ils apparaissent en noir; lorsque la lumière vibre perpendiculairement à leur allongement, ils deviennent absolument invisibles sur le fond de la préparation.

La constatation de ce dichroïsme, positif par rapport à l'allongement, iden-

(*) Séance du 20 novembre 1950.

([1]) *Amer. J. Anat.*, 15, 1914, p. 389.

([2]) *La Cellule*, 43, 1934, p. 67.

([3]) *Arch. Anat. Micr.*, 36, 1946-1947, p. 121.

([4]) *Bull. Hist. Appl.*, 24, 1947, p. 49.

([5]) *Bull. Soc. Linn. Lyon*, 17, 1948, p. 57.

tique à celui que montrent les fibres et les terminaisons nerveuses adultes [Ch. A. Baud (6)], prouve que dès leur première apparition les neurofibrilles présentent l'ultrastructure caractéristique, c'est-à-dire qu'elles sont constituées par des éléments inframicroscopiques allongés parallèlement au grand axe de la fibrille et orientés aussi parfaitement qu'à l'état adulte.

Nous n'avons trouvé dans la bibliographie aucune observation concernant l'apparition de l'anisotropie optique spécifique dans les neurofibrilles de l'embryon. Seul G. Valentin (7) a étudié le tissu nerveux embryonnaire au microscope polarisant; mais il n'a détecté que la biréfringence due aux gaines conjonctives et à la myéline, à des stades beaucoup plus avancés de la vie de l'embryon.

BIOLOGIE. — *L'existence d'un ultra-chondriome dans les cellules normales et tumorales.* Note de (*) MM. **Charles Oberling**, **Wilhem Bernhard**, **Henri-Lucien Febvre**, **Jacques Harel** et **Roger Klein**, présentée par M. Robert Courrier.

L'examen au microscope électronique de leucoblastes dans des leucémies aiguës humaines, montre la présence fréquente dans le cytoplasme de chaînettes formées par des éléments sphériques ou allongés, de taille souvent inégale (1). Ces chaînettes, de longueur variable, pouvant comporter jusqu'à une vingtaine d'éléments, sont le plus souvent sinueuses, parfois entortillées ou pelotonnées; elles peuvent aussi s'agglutiner en se groupant parallèlement et constituer des amas plus ou moins étendus. Dans certains cas, ces formations se sont trouvées associées à des éléments beaucoup plus polymorphes, présentant une grande analogie avec ceux trouvés par Porter et Thompson (2) dans le sarcome à cysticerque du Rat et, très exceptionnellement, dans des fibroblastes normaux du même animal. Ce sont des éléments filamenteux, tantôt très fins à bouts effilés; tantôt plus épais, parfois courts et trapus, sinueux, rectilignes, incurvés ou pliés en accent circonflexe. Très souvent, le trajet de ces filaments est ponctué de grains d'épaisseur variable ou de particules allongées. Çà et là, ces éléments sont groupés par paires, ce qui suggère un processus de multiplication. A côté de ces formations, on en trouve d'autres qui, par leur polymorphisme, défient toute description : filaments à bouts

---

(6) *Acta Anat.*, 4, 1947, p. 44; *Bull. Hist. Appl.*, 25, 1948, p. 14; *C. R. Ass. Anat.*, 35, 1948, p. 61.

(7) *Arch. mikr. Anat.*, 7, 1871, p. 140.

(*) Séance du 13 novembre 1950.

(1) Ch. Oberling, W. Bernhard, H. Braunsteiner et H.-L. Febvre, *Bull. Ass. pr. Étude du Cancer*, 37, n° 1, 1950, p. 15-19.

(2) *Cancer Research.*, 7, 1947, p. 431-438.

renflés, en battant de cloche, en massue, figures en haltère, grains isolés ou groupés en amas, filaments disposés en gerbes, etc.

L'examen de plusieurs sarcomes à cysticerques nous a permis de confirmer en tous points la description des auteurs américains et d'établir l'identité exacte entre les éléments trouvés dans les cellules néoplasiques du Rat et ceux rencontrés dans les leucoblastes des leucémies humaines. Il est apparu alors que les figures en chaînes, si frappantes dans nos premières observations de leucémie, ne sont qu'une variante représentant à l'état de pureté un des multiples aspects que peut présenter cet appareil granulo-filamenteux. Les mêmes éléments ont été observés dans les cellules de la réticulose maligne de la Souris, décrite par M. Guérin ([3]), où nous avons été frappés par leurs relations étroites avec des éléments filamenteux d'aspect très nettement mitochondrial. Ces cellules présentent fréquemment un microchondriome très fin formé par des chondriocontes dont l'épaisseur est d'un quart à un dixième de celui de chondriocontes normaux. En dehors de leur ténuité, ces éléments sont caractérisés par un polymorphisme extraordinaire. On voit en effet de longs filaments souvent entortillés, pelotonnés, enroulés, ramifiés, avec renflements terminaux ressemblant à des terminaisons nerveuses. Certains aspects semblent indiquer une fissuration longitudinale comme on en voit au niveau des chromosomes au moment de la division. Or, il existe des transitions évidentes entre ces microchondriocontes et les éléments granulo-filamenteux décrits plus haut.

Il importe de signaler ensuite que ces éléments s'observent non seulement dans des processus néoplasiques, mais également dans des cellules provenant de lésions inflammatoires diverses et dans des cellules normales. Nous les avons trouvés dans les monocytes de la mononucléose infectieuse, dans les macrophages du liquide ascitique chez l'Homme, et enfin, dans des leucocytes de sang humain normal. Dans ce dernier cas, ces éléments sont généralement très peu développés, se présentent sous forme de quelques tronçons de chaînes, mais on peut, à titre très exceptionnel, observer dans des leucocytes normaux, un développement considérable comme dans des cellules leucémiques.

Si, pour interpréter ces éléments, on cherche des comparaisons avec des images connues, on est invariablement conduit vers l'appareil mitochondrial. Les ouvrages classiques de Guilliermond ([4]) sur le chondriome et celui, plus récent, de Gautheret ([5]), montrent des aspects identiques à tous points de vue aux images que nous venons de décrire. La seule différence réside dans la taille, beaucoup plus petite, des éléments décrits ici qui répondraient ainsi à

([3]) *Bull. du Cancer*, 36, 1949, p. 191.
([4]) *Le Chondriome*, Paris, 1934.
([5]) *La Cellule*, Paris, 1950.

un ultra-chondriome, au sein duquel s'élaborent des grains dont la nature reste encore à déterminer.

Les faits observés jusqu'ici semblent indiquer que dans des circonstances normales cet ultra-chondriome est peu développé ou peut même faire entièrement défaut, tout au moins dans les parties du cytoplasme visibles au microscope électronique. Le développement extraordinaire de cet appareil dans des cellules cancéreuses est frappant, mais non spécifique, comme nous venons de le voir. Est-il simplement l'expression de l'accélération générale des synthèses, telle qu'elle s'effectue dans la cellule néoplasique, ou est-il lié à la reproduction d'éléments corpusculaires, de plasmagènes ou de virus? Telle est une des nombreuses questions soulevées par cette étude. Nous espérons que des recherches en cours permettront d'y apporter une réponse.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Relations entre la vitesse d'hydrolyse de divers esters de la choline par les cholinestérases et la constitution chimique des substrats.* Note de M[lles] **Jeanne Lévy** et **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Maurice Javillier.

On sait que la constitution du substrat influence notablement la vitesse d'hydrolyse de celui-ci par les cholinestérases. Easson et Stedman (1) puis Glick (2) ont montré que la pseudocholinestérase du sérum de Cheval hydrolyse la série homologue des *n*-acylcholines avec une vitesse qui croît avec la longueur de la chaîne jusqu'au composé en C_4, résultat confirmé par Cohen et ses collaborateurs (3). Par contre, la cholinestérase spécifique hydrolyse les mêmes composés avec une vitesse qui décroît avec la longueur de la chaîne (4) et (5). D'autre part, Adams (6), Adams et Whittaker (7) ont insisté sur l'influence de la structure des esters choliniques ou non choliniques sur leurs vitesses d'hydrolyse par les cholinestérases.

Nous avons examiné l'activité de la pseudocholinestérase du sérum de Cheval, et de la cholinestérase spécifique des globules de Bœuf sur différents esters de la choline, choisis en vue d'examiner, d'une part, l'influence de l'encombrement de la molécule dans une série d'homologues ramifiés, d'autre part, l'influence des différentes espèces d'isostères.

Les substrats utilisés peuvent être groupés comme il suit : 1° Méthyl-3 butyrylcholine (isovalérylcholine); 2° Méthyl-2-propionyl-, (isobutyryl-),

(1) *Proc. Roy. Soc. Lond.*, 121, 1936, p. 142-164.
(2) *J. Biol. Chem.*, 137, 1941, p. 357-362.
(3) J. A. Cohen, F. Kalsbeck et G. P. J. Warringa, *Acta Brev. Néerl. Physiol. Pharm. Microl.*, 17, 1949, p. 32-36.
(4) A. Denys et J. Lévy, *C. R. Soc. Biol.*, 1947, p. 653-655.
(5) K. B. Augustinsson et D. Nachmansohn, *Science*, 110, 1949, p. 98-99.
(6) *Biochem. Biophys. Acta*, 3, 1949, p. 1-14.
(7) *Biochem. Biophys. Acta*, 3, 1949, p. 358-366.

diméthyl-2.2 propionyl-, éthyl-2 butyryl-, méthoxy-2 butyrylcholine; 3° Éthyl-2 butyryl- et méthoxy-2 butyrylcholine. Dans ce dernier produit, un oxygène remplace un CH_2 de l'ester précédent; 4° Furfuroylcholine, isostère de la benzoylcholine.

Ces produits ont été préparés par chauffage prolongé (6 à 12 heures) d'un mélange de chlorhydrate de choline, préalablement desséché, et d'un excès de chlorure d'acide approprié, en milieu benzénique ou toluénique parfaitement anhydre. L'étude des préparations diastasiques a été effectuée en mesurant l'acide libéré au cours de l'hydrolyse diastasique des divers substrats. La quantité d'acide produite est évaluée par le CO_2 dégagé à partir d'un tampon bicarbonaté, en atmosphère 95 % N et 5 % CO_2, dans l'appareil de Warburg. Les courbes obtenues en faisant varier les concentrations des substrats et en tenant compte de l'hydrolyse non diastasique ont permis de calculer l'hydrolyse en 30 minutes pour la concentration $8.94.10^{-3}$ M de chaque substrat. Nos résultats consignés dans le Tableau ont été obtenus à partir du sérum de Cheval, de sa préparation diastasique purifiée 19 fois (8), dont 1^{cm^3} fournit un extrait sec de $1^{mg},55$ et de globules de Bœuf.

Esters de la choline $8,94.10^{-3}$ M.	Hydrolyse en 30 minutes exprimée en mm^3 de CO_2. Sérum de Cheval (cm^3) 0,5.	0,1.	Pseudocholinestérase purifiée 0,35 cm^3.	*Nucleus Caudatus.*	Globules de Bœuf 0,1 cm^3.
	Série aliphatique (*n* acylé).				
Acétyl	215	215	210	121	121
Propionyl (9)	354	–	–	94	–
Butyryl	445	–	–	0	–
	Série aliphatique (ramification en β).				
Méthyl-3 butyryl	–	135	137	–	0
	Série aliphatique (ramification en α).				
Méthyl-2 propionyl	199	196	221	–	40
Ethyl-2 butyryl	–	39	31	–	0
Méthoxy-2 butyryl	–	54	52	–	0
Diméthyl-2.2 propionyl	–	0	0	–	0
	Série aromatique.				
Benzoyl	–	83	77	–	0
Furfuroyl	–	45	33	–	0

(8) La purification a été effectuée en utilisant le premier stade de la méthode de Strelitz (*Biochem. J.*, 38. 1944, p. 86-88).

(9) Pour les dérivés *n*-acylés et pour la méthyl-2 propionylcholine, les chiffres relatifs de la première colonne sont calculés d'après les données de Easson et Stedman (1) pour une concentration M des substrats soumis à l'action du sérum de Cheval.

Pour les dérivés *n*-acylés, les chiffres relatifs de la quatrième colonne sont calculés d'après les données de Cohen et de ses collaborateurs (3) pour les substrats à la concentration 6×10^{-3} M soumis à l'action du *Nucleus Caudatus* de Bœuf.

Nous concluons : I. En ce qui concerne la pseudocholinestérase : 1° L'encombrement de la molécule influence la vitesse d'hydrolyse du substrat en la diminuant.

a. A poids moléculaire égal, d'une part l'isobutyryl- est hydrolysé avec une vitesse plus faible (199) que la butyrycholine-(445), d'autre part la diméthyl-2.2 propionyl- n'est pas hydrolysée alors que la méthyl-3 butyrylcholine est hydrolysée (135);

b. Pour les homologues, la vitesse d'hydrolyse diminue avec le poids moléculaire et l'encombrement. Disubstitués en α : Méthyl-2 propionyl- (196); Éthyl-2 butyryl- (39). Trisubstitués : Diméthyl-2.2 propionyl- (0).

2° Les différents types d'isostères n'influencent pas identiquement la vitesse d'hydrolyse. *a*. Pour les deux composés isostères dans lesquels la molécule renferme soit un O soit un CH_2, les vitesses d'hydrolyse sont très voisines. *b*. La vitesse d'hydrolyse de la furfuroylcholine est égale à 53 % de celle de son isostère la benzoylcholine.

II. En ce qui concerne la cholinestérase spécifique : Il faut noter que la méthyl-2 propionylcholine est hydrolysée par la cholinestérase spécifique alors que la butyrylcholine ne l'est pas. Cette dernière substance est considérée comme un inhibiteur de la cholinestérase spécifique ([1]). La méthyl-2 propionylcholine n'est pas un inhibiteur de la cholinestérase spécifique alors que la méthyl-3 butyryl- et l'éthyl-2 butyrylcholine se conduisent comme des inhibiteurs de cette diastase.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence de la vitamine* A *sur la glycuronoconjugaison chez le Rat intoxiqué au benzoate de sodium.* Note de M. **Raymond Ferrando**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les rats carencés en vitamine A et intoxiqués au benzoate de sodium sont non seulement gênés dans la synthèse de l'acide hippurique, mais encore ne peuvent plus former de glycuronoconjugués.

Nous avons montré que chez le Rat recevant un régime à taux moyen de protéines, la vitamine A, à la dose de 20γ par jour, fait totalement disparaître l'effet sur la croissance et la santé des animaux de 2 % de benzoate de sodium ([1]), ([2]). A la même dose, l'action de la vitamine A est semblable quand le régime contient 1 % de bromobenzène à la place du benzoate de

---

([1]) P. Meunier, R. Ferrando, J. Jouanneteau et Mlle G. Thomas, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1254.

([2]) P. Meunier, R. Ferrando et Mlle G. Thomas, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **31**, 1949, p. 1413.

sodium ([3]). Les rats qui ne reçoivent pas de vitamine A ont une carence accélérée.

Nous avions pensé à deux modes d'action possibles de la vitamine A ([3]) :

1° Elle accélère le métabolisme protéique et favorise ainsi la *détoxication* par la formation accrue, selon le cas, d'acide hippurique ou d'acide bromophénylmercapturique.

2° Elle accélère la glycuronoconjugaison et permet aux animaux non carencés d'équilibrer leur *détoxication* et leur métabolisme protéique.

Afin de vérifier cette hypothèse nous avons recueilli les urines de plusieurs rats soumis au régime de base utilisé ([1]) et renfermant 2 % de de benzoate de sodium. Deux rats sur cinq reçoivent par jour 20^{γ} de vitamine A naturelle en solution huileuse après huit jours du régime de base. Les urines sont recueillies sous toluène plusieurs fois par jour et gardées à la glacière. L'acide benzoylglycuronique est dosé par la méthode de Schæffer-Hartmann préconisée par Quick ([4]). Voici les résultats :

Excrétion urinaire d'acide benzoylglycuronique (mg/24 heures) *et poids* (g) *de rats carencés ou non en vitamine* A *et recevant un régime contenant* 2 % *de benzoate de sodium.*

	Rat n°2 + vitamine A.		Rat n° 3 + vitamine A.		Rat n° 4 sans A.		Rat n° 5 sans A.		Rat n° 6 sans A.	
Dates.	Acide.	Poids.	Acide.	Poids.	Acide.	Poids.	Acide.	Poids.	Acide.	Poids.
31 octobre......		44		45		38		41		52
3 au 6 nov....	13	50,5	60	42	17	37	13	45	23,5	53
6 » 9 »	27,2	61	53	56	0,48	36	13,25	48	80	58,5
9 » 13 »	57	66	53	53	mort		20,5	48,5	36,4	57
13 » 16 »	34	76,5	43,5	60			13,3	44	20,6	65
16 » 20 »	45	83,5	35,5	64			6	41	25,7	70,5
20 » 23 »	49,6	89	54	65,5			mort		32,8	74

Les quantités d'acide benzoylglycuronique excrétées par les non carencés sont singulièrement plus élevées que chez les carencés. Chez ceux-ci les quantités excrétées baissent avec la courbe des poids, sauf pour le rat n° 6 qui précisément continue à grossir régulièrement. Chez un autre sujet carencé nous avons remarqué, dans les 24 heures précédant la mort, une excrétion infime (0^{mg},25 de glycuronoconjugués).

Ces résultats sont en accord avec les dosages d'acide hippurique dans l'urine

([3]) P. MEUNIER, R. FERRANDO et Mme G. PERROT-THOMAS, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **32**, 1950, p. 50.

([4]) *J. Biol. Chem.*, **69**, 1926, p. 549.

de rats soumis au même régime. Les excrétions d'acide hippurique varient à l'inverse de celles d'acide benzoylglycuronique.. Il apparaît ainsi que les rats carencés en vitamine A et intoxiqués au benzoate de sodium sont non seulement gênés, comme il a déjà été observé (1), (2) dans la synthèse de l'acide hippurique, mais encore dans celle de l'acide benzoylglycuronique qui ne représente, comme permettent de le calculer nos résultats, que 15 % environ de l'acide benzoïque ingéré. La glycuronoconjugaison jouerait le rôle de *sortie de secours*.

Cette action de la vitamine A est à rapprocher des observations de Mayer et Krehl (5), (6) et du rôle que Ventura (7) fait jouer à cette vitamine dans le métabolisme des glucides.

THÉRAPEUTIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Effets préventifs de la $\Delta^{1,4}$-androstadiénol-17 β one-3 dans l'arthrite expérimentale.* Note de MM. **Léon Velluz** et **Robert Jéquier**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

A côté de l'hydroxy-17α corticostérone et, surtout, de l'hydroxy-17α déhydro-11 corticostérone, ou cortisone, dont les effets spectaculaires dans la polyarthrite chronique évolutive ont été découverts par Hench et Kendall, il n'a pas encore été possible, malgré des recherches très étendues, d'identifier une autre substance stéroïde, de structure très différente, qui exerce des effets thérapeutiques semblables, voire moins marqués, sur l'organisme malade. On peut raisonnablement mettre à part la Δ^{5}-prégnénolone, qui ne cesse d'être l'objet de controverses ou contradictions de plus en plus nombreuses.

Opérant sur le Rat et déterminant sur cet animal une arthrite expérimentale par le formol ou la moutarde, nous avons eu la possibilité d'essayer, à l'égard du test ainsi imaginé par Selye, quatorze stéroïdes, reproduits ou nouvellement préparés dans notre laboratoire. Nos essais ont porté sur un total de 330 rats (1). Une seule substance, la $\Delta^{1,4}$-androstadiénol-17 β one-3, connue depuis 1940 (2) et cependant non examinée par nos devanciers, a fourni des résultats positifs qui nous paraissent devoir être retenus.

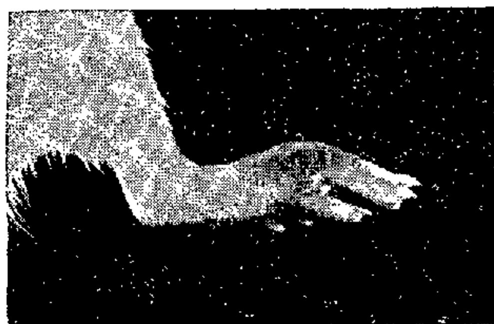
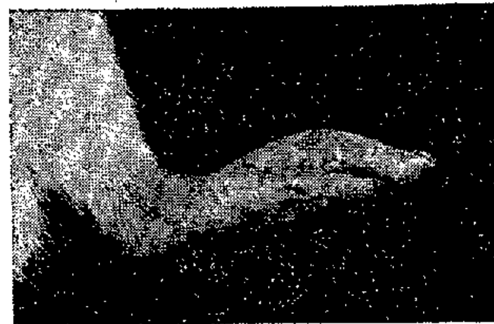
A l'égard de l'arthrite expérimentale, les effets préventifs de la $\Delta^{1,4}$-androstadiénol-17 β one-3 se manifestent avec une grande netteté. Ils sont presque identiques, que le stéroïde soit administré en solution dans l'huile ou en suspension dans l'eau. La $\Delta^{1,4}$-androstadiénol-17β one-3 peut être appliquée

(5) *Arch. Biochem.*, 16, 1948, p. 313.
(6) *J. Nutrit.*, 35, 1948, p. 523.
(7) *Arch. di Sci. Biol.*, 23, 1949, p. 552.

(1) Expériences conduites avec l'assistance technique de Mme Loizeau.
(2) H.-H. Inhoffen et coll., *Ber. dtsch. chem. Ges.*, 73, 1940, p. 451.

sous forme libre ou sous forme d'un dérivé simple tel que l'ester acétique ou l'ester propionique.

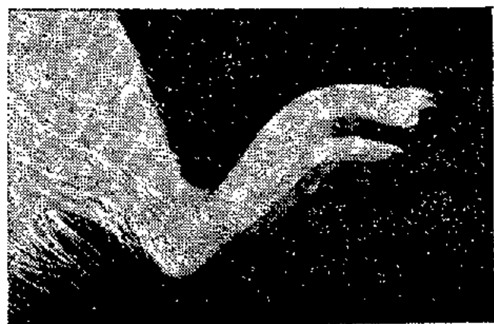
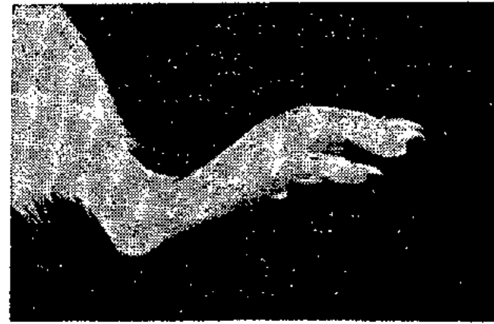
L'expérience est conduite sur de jeunes rats mâles ou femelles, de 80g environ, surrénalectomisés et maintenus à une température constante de 25°. Les animaux reçoivent un régime normal. Leur eau de boisson contient 1 % de chlorure de sodium, ce qui suffit à assurer la survie pendant la durée de l'expérience. La substance est administrée dès le lendemain de l'intervention, à la dose quotidienne de 25mg/kg. Aux 5e et 7e jours après la surrénalectomie, on injecte sous l'aponévrose plantaire de la patte postérieure droite $0^{cm^3},1$ d'une solution de formol à 4 % ou $0^{cm^3},1$ d'une suspension aqueuse de poudre de moutarde à 10 %.

Arthrite témoin.

Un jour après la seconde injection de moutarde.

Cinq jours après la seconde injection de moutarde.

Animaux traités par la $\Delta^{1,4}$*-androstadiénol-17 β one-3.*

Un jour après la seconde injection de moutarde.

Cinq jours après la seconde injection de moutarde.

Dès le début des essais, on procède chaque jour à la mesure des diamètres latéro-latéral et antéro-postérieur de l'articulation tibio-tarsienne droite. Un délai de 5 jours, après la seconde injection de formol ou de moutarde, paraît-être le plus favorable pour apprécier l'évolution de l'arthrite.

Nous indiquons, ci-après, à titre d'exemple, les résultats moyens que nous obtenons, d'une part, sur des témoins ayant reçu seulement le corps irritant, la moutarde, et, d'autre part, sur des animaux traités comparativement par la cortisone, en suspension aqueuse, ou par la $\Delta^{1,4}$-androstadiénol-17β one-3, en solution huileuse (voie intramusculaire). Les chiffres que nous produisons représentent le pourcentage d'accroissement du diamètre de l'articulation.

	Accroissement du diamètre (%).	
	latéro-latéral.	antéro-postérieur.
Animaux témoins (arthrite par la moutarde)........................	12,2	27
Animaux traités par la cortisone.....	0	4
» traités par la $\Delta^{1,4}$-androstadiénol-17^{β} one-3 (voie intramusculaire).	6,2	12

Quelques photographies, prises en exemple, donnent une autre représentation des phénomènes observés. Elles traduisent, peut-être plus fidèlement encore que les mesures des diamètres articulaires, l'amélioration très importante des phénomènes d'arthrite.

En raison même de son caractère de nouveauté, la mise en évidence des effets préventifs de la $\Delta^{1,4}$-androstadiénol-17 β one-3 dans l'arthrite expérimentale appelle de plus amples travaux et comporte des conclusions d'ordre théorique et pratique. Sans vouloir y insister ici, nous indiquons cependant que les résultats brièvement rapportés dans cette Note préliminaire ont reçu une première confirmation en médecine humaine.

A 15h45m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

M. le **Président**, au nom de la Commission chargée de dresser une liste de candidats à la place de Membre non résidant, vacante par le décès de M. *Émile Cotton*, présente :

En première ligne..........	M. **Émile Guyénot**, à Genève.
En seconde ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*...	MM. **Gaston Dupouy**, à Toulouse. **Henri Perrier de La Bathie**, à St-Pierre d'Albigny.
En troisième ligne, ex æquo, *par ordre alphabétique*...	MM. **Alexandre Dauvillier**, à Bagnères. **Georges Reboul**, à Montpellier.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu en la séance du 18 décembre.

La séance est levée à 17h15m.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 6 DÉCEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Jean Timmermans**, Membre de l'Académie Royale de Belgique, **Ingebrigt Johansson**, Professeur de mathématiques à l'Université d'Oslo, **Lukasiewicz**, Professeur à la *National Irish Academy*, qui assistent à la séance.

M. **Paul Portier** s'exprime en ces termes :

M. Manley-Bendall, Vice-Président de la Société d'Océanographie de France, Membre Correspondant de l'Académie de Marine, a fondé une Médaille commémorative du Prince Albert Ier de Monaco en 1948, année du premier Centenaire de sa naissance.

Il a été décidé que cette Médaille serait décernée chaque année par le Conseil de perfectionnement de l'Institut Océanographique, alternativement à un travailleur ou savant français et à un travailleur ou savant étranger, particulièrement qualifié par ses recherches dans le domaine de l'Océanographie.

S. A. S. le Prince Albert Ier ayant fait partie de l'Académie des Sciences, M. Manley-Bendall a eu l'aimable attention de faire fondre une épreuve spéciale de cette Médaille destinée au Médaillier de l'Académie.

De la part de M. Manley-Bendall, j'ai l'honneur de remettre cette Médaille au Bureau de l'Académie.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un paradoxe signalé par M. Garrett Birkhoff.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Deux lois caractéristiques paraissant essentiellement différentes sont appliquées, dans certains cas, à des mouvements fluides similaires. L'explication de cette contradiction apparente peut être cherchée dans le fait que la deuxième de ces lois, n'étant qu'une expression approchée, tangente à la première, conserve dans des extrapolations assez fortes les traits essentiels des mouvements réels.

Dans la théorie des mouvements bi- ou tridimensionnels, permanents, *presque rectilignes* d'un fluide parfait compressible (1), les équations définis-

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 472-475; *Publications scientifiques et Techniques du Ministère de l'air*, n° 157, 1939, p. 14-41.

sant les rapports des pressions et des densités

$$\frac{p}{p_1}=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{q^2-q_1^2}{C_1^2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}, \qquad \frac{\rho_1}{\rho}=\left(1-\frac{\gamma-1}{2}\frac{q^2-q_1^2}{C_1^2}\right)^{-\frac{1}{\gamma-1}},$$

sont simplifiées en admettant que les *écarts* de la vitesse $\varepsilon=(q-q_1):q_1$, où q_1 est une vitesse moyenne, sont suffisamment petits pour que l'on puisse négliger leurs puissances supérieures à la première. Il vient ainsi

$$\frac{p}{p_1}=1-\gamma\frac{q_1^2}{C_1^2}\varepsilon, \qquad \frac{\rho_1}{\rho}=1+\frac{q_1^2}{C_1^2}\varepsilon, \qquad C_1^2=\gamma\frac{p_1}{\rho_1},$$

et, en éliminant ε, on obtient l'équation caractéristique

$$p-p_1=\rho_1 C_1^2\left(1-\frac{\rho_1}{\rho}\right), \tag{1}$$

qui se substitue, dans cette théorie approchée, à la loi adiabatique. On peut établir directement son rapport avec cette dernière en écrivant

$$\frac{p-p_1}{p_1}=\left(\frac{\rho}{\rho_1}\right)^{\gamma}-1=\left[1-\left(\frac{\rho-\rho_1}{\rho}\right)\right]^{-\gamma}-1\cong\gamma\left(1-\frac{\rho_1}{\rho}\right). \tag{2}$$

En mécanique des fluides, les équations simplifiées, déterminant des mouvements effectivement *tangents* à des mouvements réels, supportent, en général, des extrapolations assez fortes en conservant les traits essentiels des mouvements réels et les divergences, lorsqu'elles apparaissent, peuvent guider la pensée vers de nouveaux perfectionnements de la théorie.

La règle fondamentale des écoulements permanents d'un fluide parfait compressible, selon laquelle, dans les mouvements subsoniques, la section des filets fluides diminue ou augmente en même temps que la pression, tandis que dans les mouvements supersoniques c'est l'inverse qui se produit, est vérifiée dans la théorie des mouvements presque linéaires. Ces mouvements peuvent comprendre des discontinuités d'un ordre quelconque, y compris celles du premier ordre, les ondes de choc. L'équation (1) étant une expression approchée de la loi adiabatique, ces mouvements sont, à cette approximation près, isentropiques et leur comparaison aux mouvements réels permet de localiser et préciser le processus de dissipation de l'énergie.

Rankine [2] avait obtenu l'équation (1) sans supposer que le rapport $(\rho-\rho_1)/\rho_1$ est suffisamment petit, mais sa démonstration, qui a en vue la propagation avec une vitesse uniforme d'une onde de choc plane dans un gaz, admet que le mouvement reste monodimensionnel. Cette hypothèse est, en général, incompatible avec la règle fondamentale précitée, si l'on ne tient

---

[2] *Philos. Trans.*, **160**, 1870, p. 277.

compte ni des échanges de la chaleur par conductibilité ou rayonnement, ni des frottements.

M. Garrett Birkhoff ([3]) a attiré récemment l'attention sur le fait apparemment contradictoire qu'on utilise dans la théorie des mouvements ondulatoires d'amplitude finie dans un fluide compressible l'équation caractéristique $p = a - (b/\rho)$, $\gamma = -1$, et dans les applications de l'analogie hydraulique à l'étude de ces mêmes mouvements, l'équation $p = a'\rho^2 + b'$, $\gamma = 2$.

L'équation (2) et les commentaires qui l'accompagnent semblent permettre d'éclaircir cette question.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Écoulement transsonique à deux dimensions le long d'une paroi ondulée.* Note de MM. **Théodore de Kármán** et **Jean Fabri**.

1. Les vitesses de perturbation (u, v) par rapport à un écoulement uniforme dans le mouvement bidimensionnel irrotationnel d'un fluide compressible non visqueux peuvent s'étudier au moyen des équations approchées de Prandtl-Glauert

$$(1) \qquad (1 - M^2)\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} = 0,$$

où M est le nombre de Mach correspondant à la vitesse U de l'écoulement non perturbé.

Pour $M < 1$, une solution de ces équations est donnée par

$$(2) \qquad u = Ce^{-\lambda y\sqrt{1-M^2}} \sin \lambda x, \qquad v = C\sqrt{1 - M^2}\, e^{-\lambda y\sqrt{1-M^2}} \cos \lambda x.$$

En éliminant x et y on obtient

$$(3) \qquad y = -\frac{1}{2\lambda\sqrt{1 - M^2}} \log\left[\frac{u^2}{c^2} + \frac{v^2}{(1 - M^2)c^2}\right], \qquad x = \frac{1}{\lambda}\,\text{arctg}\,\frac{u\sqrt{1 - M^2}}{v}.$$

Comme le fluide n'est pas visqueux, toute ligne de courant peut être matérialisée comme paroi solide : les équations (2) et (3) donnent l'écoulement le long d'une paroi à ondulation sinusoïdale.

2. Les équations (1) cessent d'être valables quand M devient voisin de l'unité. Dans le domaine transsonique il convient de considérer les perturbations (u, v) par rapport à l'écoulement uniforme sonique dont la vitesse sur Ox est égale à la célérité critique du son a^* ([1]).

En introduisant les vitesses sans dimension

$$\xi = (\gamma + 1)\left(\frac{u}{a^*}\right) \qquad \text{et} \qquad \eta = (\gamma + 1)\left(\frac{v}{a^*}\right),$$

([3]) *Hydrodynamics*, Princeton, 1950, p. 22-24.

([1]) De telle sorte que le champ de vitesses a pour composantes $(a^* - u, v)$; *cf.* Kármán, *Journal of Math. and Physics*, 26, 1947, n° 3.

ξ et η satisfont les équations

$$\xi \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{\partial \eta}{\partial y} = 0, \qquad \frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial x} = 0, \tag{4}$$

dont la première a la forme des équations de Tricomi. En changeant les variables indépendantes, c'est-à-dire en se plaçant dans le plan de l'hodographe, on obtient

$$\xi \frac{\partial y}{\partial \eta} - \frac{\partial x}{\partial \xi} = 0, \qquad \frac{\partial x}{\partial \eta} + \frac{\partial y}{\partial \xi} = 0 \tag{5}$$

à condition que le déterminant fonctionnel, $\mathcal{J} = D(\xi, \eta)/D(x, y)$, ne soit ni nul, ni infini.

Pour x et y on obtient les équations

$$\frac{\partial^2 x}{\partial \eta^2} + \frac{1}{\xi} \frac{\partial^2 x}{\partial \xi^2} - \frac{1}{\xi^2} \frac{\partial x}{\partial \xi} = 0, \qquad \frac{\partial^2 y}{\partial \xi^2} + \xi \frac{\partial^2 y}{\partial \eta^2} = 0. \tag{6}$$

3. Nous nous proposons de déterminer deux fonctions conjuguées x et y dont les singularités soient analogues à celles de (3) en un point

$$\xi_1 = (\gamma + 1) \frac{a^* - U}{a^*}$$

donné, correspondant à une vitesse uniforme à l'infini ($U < a^*$). De nombreux auteurs, Carrier et Ehlers ([2]), Weinstein ([3]), Tomotika et Tamada ([4]) et récemment de façon plus générale P. Germain ([5]), ont donné sous diverses formes des solutions à singularité logarithmique.

Nous nous proposons d'obtenir de façon élémentaire des expressions de x et y qui se prêtent bien au calcul numérique. On vérifie aisément que

$$y_{I} = \left[(\eta + c)^2 + \frac{4}{9} \xi^3 \right]^{-\frac{1}{6}} \qquad \text{et} \qquad y_{II} = \xi \left[(\eta + c)^2 + \frac{4}{9} \xi^3 \right]^{-\frac{5}{6}}$$

sont solutions de la seconde équation (6). Nous écrivons

$$\left\{ \begin{aligned} y_1 &= -\frac{1}{\pi} \left(\frac{2}{3} \right)^{\frac{1}{3}} C_1 \int_{-1}^{1} (1 - t^2)^{-\frac{5}{6}} \left[\left(\eta - \frac{2it}{3} \xi_1^{\frac{3}{2}} \right)^2 + \frac{4}{9} \xi^3 \right]^{-\frac{1}{6}} dt, \\ y_2 &= \frac{1}{\pi} \left(\frac{2}{3} \right)^{\frac{5}{3}} C_2 \xi \xi_1 \int_{-1}^{1} (1 - t^2)^{-\frac{1}{6}} \left[\left(\eta - \frac{2it}{3} \xi_1^{\frac{3}{2}} \right)^2 + \frac{4}{9} \xi^3 \right]^{-\frac{5}{6}} dt. \end{aligned} \right. \tag{7}$$

On peut montrer que les valeurs de y_1 et y_2 ne changent pas quand on

---

([2]) *Quart. of App. Math.*, 6, 1948, p. 63.
([3]) *Quart. of App. Math.*, 5, 1947, p. 97.
([4]) *Quart. of App. Math.*, 7, 1950, p. 381.
([5]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1116.

intervertit ξ et ξ_1, c'est-à-dire :

$$
(8)\quad \begin{cases} y_1 = -\dfrac{1}{\pi}\left(\dfrac{2}{3}\right)^{\frac{1}{3}} C_1 \displaystyle\int_{-1}^{1} (1-t^2)^{-\frac{5}{6}}\left[\left(\eta - \dfrac{2it}{3}\xi^{\frac{3}{2}}\right)^2 + \dfrac{4}{9}\xi_1^3\right]^{-\frac{1}{6}} dt, \\ y_2 = \dfrac{1}{\pi}\left(\dfrac{2}{3}\right)^{\frac{5}{3}} C_2 \xi\xi_1 \displaystyle\int_{-1}^{1} (1-t^2)^{-\frac{1}{6}}\left[\left(\eta - \dfrac{2it}{3}\xi^{\frac{3}{2}}\right)^2 + \dfrac{4}{9}\xi_1^3\right]^{-\frac{5}{6}} dt. \end{cases}
$$

On obtient facilement les valeurs correspondantes de x

$$
(9)\quad \begin{cases} x_1 = -\dfrac{1}{\pi}\left(\dfrac{2}{3}\right)^{\frac{1}{3}} C_1 \xi^{\frac{1}{2}} \displaystyle\int_{-1}^{1} it(1-t^2)^{-\frac{5}{6}}\left[\left(\eta - \dfrac{2it}{3}\xi^{\frac{3}{2}}\right)^2 + \dfrac{4}{9}\xi_1^3\right]^{-\frac{1}{6}} dt, \\ x_2 = \dfrac{1}{\pi}\left(\dfrac{2}{3}\right)^{\frac{2}{3}} C_2 \xi_1 \displaystyle\int_{-1}^{1} \left(\eta - \dfrac{2it}{3}\xi_1^{\frac{3}{2}}\right)(1-t^2)^{-\frac{1}{6}}\left[\left(\eta - \dfrac{2it}{3}\xi_1^{\frac{3}{2}}\right)^2 + \dfrac{4}{9}\xi^3\right]^{-\frac{5}{6}} dt. \end{cases}
$$

4. Les combinaisons $y = y_1 + y_2$, $x = x_1 + x_2$ ont les propriétés suivantes :

a. elles sont valables dans les domaines subsoniques et supersoniques, c'est-à-dire pour $\xi > 0$ et $\xi < 0$ jusqu'à ce que $\mathcal{J}$ s'annule ou devienne infini;

b. pour $\eta = 0$, x a des valeurs constantes

$$
(10)\quad x = \begin{cases} C_2, & \xi < \xi_1; \\ C_1, & \xi > \xi_1; \end{cases}
$$

de telle sorte qu'on peut considérer les composantes u, v de la vitesse comme fonctions périodiques de x;

c. pour les grandes valeurs de y, c'est-à-dire au voisinage de $\eta = 0$, $\xi = \xi_1$, la solution est identique à celle donnée par les équations (6);

d. la ligne sonique est donnée par $\xi = 0$ dans le plan de l'hodographe, elle est donc définie dans le plan de l'écoulement par les relations

$$
(11)\quad \begin{cases} x_s = C_2\left[1 - \dfrac{2}{3\pi}\left(\dfrac{4}{3}\right)^{\frac{2}{3}} \dfrac{\Gamma^2 \frac{5}{6}}{\Gamma \frac{5}{3}} \xi_1 \displaystyle\int_0^{\eta} \left(\eta^2 + \dfrac{4}{9}\xi_1^3\right)^{-\frac{5}{6}} d\eta\right], \\ y_s = -\dfrac{1}{\pi}\left(\dfrac{1}{6}\right)^{\frac{1}{3}} \dfrac{\Gamma^2 \frac{1}{6}}{\Gamma \frac{1}{3}} C_1 \left(\eta^2 + \dfrac{4}{9}\xi_1^3\right)^{-\frac{1}{6}}. \end{cases}
$$

5. En choisissant de façon convenable les constantes C_1 et C_2, on peut obtenir une famille d'écoulements tels que la vitesse à l'infini soit uniforme et que les lignes de courant aient un caractère quasi sinusoïdal : en étendant cette solution jusqu'aux lignes de courant qui traversent la ligne sonique, nous obtenons un écoulement de caractère mixte avec des régions supersoniques au voisinage des sommets de la paroi ondulée.

Naturellement la forme de la paroi est entièrement déterminée par la donnée de M, C_1 et C_2, et cette étude ne résout pas le problème de l'existence

d'écoulements mixtes continus le long d'une paroi de forme arbitraire quand le nombre de Mach dépasse sa valeur critique. On sait que certains auteurs, par exemple Busemann, n'admettent l'existence d'un tel écoulement que pour quelques formes particulières, tandis que selon d'autres auteurs les ondes de choc observées seraient dues soit à l'instabilité de l'écoulement mathématiquement possible, soit aux effets de la viscosité dans la couche limite. Nous espérons néanmoins que la méthode décrite dans cette Note peut être développée de façon à amener une décision.

La solution correspondant à $U > a^*$, c'est-à-dire au cas d'un écoulement supersonique le long d'une paroi ondulée, sera traitée ultérieurement. Mais on peut noter dès à présent que d'après les équations (7) ou (8) la solution en y présente dans ce cas une singularité logarithmique tout le long des caractéristiques issues de $\eta = 0$, $\xi = \xi$, et sur leurs réflexions sur la ligne sonique : les quantités entre crochets des équations (7) et (8) se décomposant en produits de la forme $[\eta \pm (2i/3)|\xi_1|^{3/2} \pm (2/3)|\xi|^{3/2}]$ qui s'annulent sur les caractéristiques indiquées : du point de vue physique cela correspond au fait qu'à l'infini la vitesse ne peut plus être uniforme.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La vie latente des graines aux confins du zéro absolu.* Note de M. **Paul Becquerel**.

L'auteur a obtenu, au Laboratoire Cryogène de Leyde, pour la première fois, la suspension complète de la vie des graines de Luzerne, de Trèfle, de Tabac et de Pétunia à quelques millièmes du zéro absolu, par les actions simultanées de la déshydratation, du vide et du froid les plus élevés. Tant que durent ces conditions exceptionnelles à l'abri des radiations abiotiques leur pouvoir germinatif paraît illimité.

Nous avons déjà démontré (¹) que des graines complètement déshydratées jusqu'à ce qu'elles n'émettent plus de vapeur dans le vide, soumises simultanément aux actions d'un vide de l'ordre du millionième de millimètre de mercure et de la basse température de l'hélium liquide de 3°,8 absolus pendant 10 heures et demie, n'avaient nullement perdu leur pouvoir germinatif, plus élevé que celui des graines témoins conservées à l'air libre.

Aujourd'hui nous avons été plus loin. Avec l'aide de la méthode de démagnétisation adiabatique de l'alun de fer à la température de l'hélium liquide, comme nous l'avons fait pour les animalcules reviviscents (²), nous avons réussi à porter de la même façon, incluses dans la poudre sèche comprimée de l'alun de fer, des graines desséchées de Luzerne, de Trèfle, de Tabac, de Pétunia, pendant 2 heures, à une température oscillant entre 0°K,047 et 0°K,0075.

(¹) *Comptes rendus*, **181**, 1925, p. 805.
(²) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 261.

Ces graines, débarrassées soigneusement de la poudre d'alun de fer par des lavages répétés à l'eau distillée, ont été mises à germer avec des graines témoins sur de l'ouate stérilisée, dans des boîtes de Pétri à la température constante de 20°C. Elles ont donné, au bout de quelques jours, des germinations comparables, n'accusant aucune perte du pouvoir germinatif. Donc sous les actions combinées de la déshydratation, du vide et de la plus basse température voisine de quelques millièmes du zéro absolu, le protoplasme de leurs cellules et leurs organites, vacuoles, noyaux, chromosomes, nucléoles, plastes, mitochondries, liposomes, diastases, hormones, sans traces d'eau liquide ni d'atmosphère, ont été complètement solidifiés.

Leur état colloïdal après synérèse a été supprimé et cependant, lorsque les graines ont été replacées, dans leurs conditions normales, eau, gaz de l'atmosphère, température, lumière, elles ont repris avec leur état colloïdal, leurs fonctions physiologiques. Avant ces expériences, dans les conditions naturelles de leur conservation, ces graines, selon leurs espèces, contenaient encore de 5 à 10 % d'eau et des traces d'air dans les méats de leurs tissus ou inclus dans leurs cellules, ce qui leur a permis un métabolisme très ralenti. Comme elles se conservent beaucoup plus longtemps dans le vide que dans l'air, il s'agit donc, comme nous l'avons démontré, d'une *vie très ralentie anaérobie*. Mais cette vie ralentie est assez limitée; elle dure pour la plupart des espèces, de quelque mois à quelques dizaines d'années et quelquefois pour les graines dites macrobiotiques à téguments imperméables aux gaz dans toutes leurs parties, une centaine d'années. Tel est le cas exceptionnel des graines de *Cassia multijuga* de l'herbier d'Adanson que j'ai fait germer après 158 ans ([3]). Ainsi les graines, dans leurs conditions naturelles de leur conservation, ne sont pas, comme le croyait Claude Bernard, à l'état complet d'indifférence chimique. Les macromolécules protéiques de leur protoplasme cellulaire subissent à la longue des altérations physiques et chimiques irréversibles qui les coagulent. Elles ne reprennent plus, quand elles absorbent de l'eau et de l'air, leur état colloïdal nécessaire à la manifestation des phénomènes physicochimiques de leur vie active, elles sont mortes.

Mais qu'arrive-t-il, si, en perforant les téguments des graines en vie latente, on retire, au bout de plusieurs mois dans le vide, leur eau et leur air, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus aucun dégagement de vapeur, ce qu'on peut noter en constatant que l'étincelle électrique entre deux électrodes rapprochées dans le tube n'éclate plus? Ces graines ne meurent pas; elles passent dans un nouvel état de solidification plus avancée de leur protoplasma. A l'état de vie ralentie anaérobie, succède ce que beaucoup de physiologistes appellent l'anaaéro-anhydrobiose, qui a encore une durée limitée plus grande. Est-ce là une parfaite suspension de la vie? Beaucoup de physiologistes ne l'admettent pas.

([3]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 783.

Mon maître regretté, A. Dastre, résumant leurs opinions dans son livre célèbre *La vie et la mort*, déclarait : « Dans cette question des échanges gazeux, surtout s'ils sont intracellulaires, comment peut-on trancher entre peu et rien? Là où l'expérience hésite, la doctrine affirme. Elle admet *a priori* que l'assimilation protoplasmique ne subit ni arrêt, ni reprise, mais suit une marche continue ». La continuité des phénomènes vitaux depuis leur apparition sur la terre, il y a environ 2 milliards d'années, n'a donc jamais été interrompue dans les germes qui les transmettent.

Admettons que ces physiologistes aient raison. Comment vont-ils interpréter dans ce sens les phénomènes biologiques de la graine, si, comme nous l'avons déjà expérimenté, nous faisons intervenir en plus de la déshydratation et du vide extrême, l'action des basses températures, celle de l'air liquide, puis de l'hydrogène liquide, puis de l'hélium liquide, enfin maintenant celle voisine du zéro absolu ?

D'après les remarquables travaux de Van t'Hoff, il est démontré que la vitesse des réactions chimiques intermoléculaires sont fonction de la température. Une élévation de 10° C suffit à doubler approximativement la vitesse d'une réaction chimique. Inversement nous pouvons déduire qu'un abaissement de 10° C produit un ralentissement deux fois plus grand. D'après les théories de Ch.-Eugène Guye ([4]) sur la vitesse de la dissociation des molécules amorçant les réactions, en partant de la formule de Van t'Hoff : $V_T/V_{T_0} = e^{A(1/T_0-1/T)}$, si l'on admet que les réactions physicochimiques de la vie latente des graines dans leurs conditions naturelles de conservation de leur pouvoir germinatif se passent ordinairement entre 20 et et 10° C, alors pour une constante $A = 5750$, les vitesses théoriques de ralentissement calculées au fur et à mesure de l'abaissement de la température seraient les suivantes : à —100° C, elles seraient 85300 fois plus lentes qu'à 20° C; à —200° C, 8150000 fois; à —250° C, 4 milliards 840 millions de fois; à —270° C, 71 trillions 300 milliards de fois; enfin au zéro absolu, suppression complète des réactions chimiques. Dans cette hypothèse, on aboutit à ce résultat stupéfiant, qu'une graine ne vivant qu'un an entre 20 et 10° C, pourrait encore théoriquement germer au bout de 71 trillions 300 milliards d'années si elle était conservée à — 270° C. Or dans le cas présent *il ne s'agit pas de vie ralentie à l'extrême, mais bien de vie suspendue, parce que, avec les actions combinées du vide, de la déshydratation et du froid aux confins du zéro absolu, le protoplasma, tant qu'il reste solidifié et synérésé, est privé, avec la suppression de son état colloïdal, des conditions nécessaires à la production des réactions chimiques de la vie.* Mais pour combien de temps? Seules pourraient l'indiquer des expériences à très longues échéances dans des tubes scellés, contenant des graines, micro-

---

([4]) *Physique et biologie*, p. 40, Genève, 1936.

biotiques à l'abri des radiations abiotiques et plongées dans les gaz liquéfiés. Tous les dix ou cinquante ans, on constaterait si leur pouvoir germinatif n'a pas varié.

M. le **Secrétaire perpétuel** dépose sur le Bureau de l'Académie le Tome XXII des *Œuvres complètes de Christiaan Huygens*, publiées par la Société hollandaise des Sciences.

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie d'un fascicule de son *Traité du calcul des probabilités et de ses applications*. Tome I. *Les principes de la théorie des probabilités*. Fascicule III. *Recherches théoriques modernes sur le calcul des probabilités*. Premier livre. *Généralités sur les probabilités. Éléments aléatoires*, par M. Maurice Fréchet, avec une Note de Paul Lévy. Deuxième édition revue et augmentée.

M. **Louis Roy** adresse à l'Académie la deuxième édition revue et augmentée de son Ouvrage : *Statique graphique et résistance des matériaux*.

M. **Roger Heim** présente à l'Académie l'Ouvrage que vient de publier M. Léon Loireau, *Le Champignon de couche. Culture, Obtention du blanc, Parasites*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie d'un article qu'il a publié récemment (1) sur *Les stations françaises de biologie marine*.

Sir **E. John Russell** fait hommage à l'Académie de la huitième édition, revue par E. Walter Russell, de son Ouvrage : *Soil conditions and plant growth*.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Albert Caquot** est élu Vice-Président pour l'année 1951, par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Émile Borel** et **Gabriel Bertrand**, par l'unanimité des suffrages exprimés, sont réélus Membres des Commissions administratives.

(1) Notes and Records of the Royal Society of London, vol. 8, n° 1, 1950.

CORRESPONDANCE.

M. **Daniel C. Lewis** Jr, Président du **Département des Mathématiques** de la **Johns Hopkins University**, adresse à l'Académie, au nom de ce Département, une somme de 2 000 dollars, dont 1 000 pour contribuer à la publication des *Œuvres de Henri Poincaré*. Le reliquat de cette somme pourra éventuellement être utilisé à la publication des Œuvres d'un autre Mathématicien français, mais l'Académie est laissée libre de le consacrer à tout autre objet qui lui paraîtrait convenable pourvu que celui-ci intéresse le domaine des mathématiques.

L'Académie est informée de la Réunion du **XIIIe Congrès International de Médecine et de Pharmacie militaires**, qui se tiendra à Paris, du 17 au 23 juin 1951.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Œuvres mathématiques d'Évariste Galois, publiées en* 1897, suivies d'une *Notice sur Évariste Galois et la théorie des équations algébriques*, par G. Verriest. Deuxième édition revue et corrigée.

2° *Les Prix Nobel en* 1949.

3° Zoological Museum of the University, Copenhagen. *The Danish Ingolf-Expedition*. Vol. IV, part 14.

4° *Das Wesen des Organischen* von Albert Rieder. Gekürzte Ausgabe.

5° *Géologie appliquée et prospection minière*. Bulletin de l'Association des Ingénieurs géologues de l'Université de Nancy. Tome I, n°s 1-4, Tome II, n°s 1-4.

6° Lietuvos TSR Mokslu Akademijos (Académie Lithuanienne des Sciences). *Zinynas* (*Messager*), I-V.

ALGÈBRE. — *Groupes archimédiens et para-archimédiens*. Note de M. **Paul Jaffard**, présentée par M. Henri Villat.

Il ne s'agira dans cette Note que de groupes abéliens.

Un groupe ordonné G sera dit *archimédien* si, pour tout couple $x, y, \in G$ tel que x soit strictement positif, il existe un entier n avec $nx \geqq y$. Un groupe ordonné G sera dit *para-archimédien* si, pour tout couple $x, y \in G$ tel que $x \nleq 0$, il existe un entier n tel que $nx \nless y$. On peut donner l'exemple d'un groupe

archimédien non para-archimédien et d'un groupe para-archimédien non archimédien.

Théorème 1. — *Tout groupe réticulé archimédien est totalement ordonné et par suite isomorphe à un sous-groupe de* R.

(R est le groupe additif des nombres réels.)

Tout groupe ordonné réalisable comme groupe de fonctions à valeurs dans R est nécessairement para-archimédien et semi-clos ([1]). Un problème important de la théorie des groupes ordonnés est celui de savoir si la réciproque est exacte ([2]). Il en est bien ainsi dans les cas particuliers suivants :

Théorème 2. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'un groupe semi-clos archimédien non trivialement ordonné soit représentable comme groupe de fonctions à valeurs dans* R *est qu'il soit para-archimédien.*

(Un groupe G est dit trivialement ordonné si $x \in G$ et $x \geqq 0 \rightarrow x = 0$.)

Théorème 3. — *Si le groupe réticulé para-archimédien* G *admet une réalisation irréductible* ([3]), *tous les groupes ordonnés intervenant dans cette réalisation sont isomorphes à des sous-groupes de* R *et par suite* G *est réalisable comme groupe de fonctions à valeurs dans* R.

A partir du dernier théorème on peut, dans le cas des groupes réticulés, ramener le problème de Clifford-Birkhoff à l'étude des groupes sans filets minimaux. En effet si un groupe réticulé G est tel que tout filet différent de $\bar{0}$ est supérieur ou égal à un filet minimal, il admet une réalisation irréductible ([3]), il est donc dans le cas du théorème 3. S'il n'en est pas ainsi on peut démontrer qu'il existe un sous-groupe propre H de G qui soit différent de $\{0\}$ et qui n'admette aucun filet minimal. Si G est para-archimédien, il en est de même de H. Si l'on avait donc démontré qu'un groupe réticulé sans filet minimal ne peut jamais être para-archimédien, on aurait donc démontré l'hypothèse de Clifford-Birkhoff dans le cas d'un groupe réticulé. D'où le problème :

Un groupe réticulé sans filet minimal et différent de $\{0\}$ *peut-il être para-archimédien ?*

Les seuls groupes réticulés sans filet minimal que nous sachions construire ont une structure analogue à celle d'un quotient de produit direct de groupes totalement ordonnés par la somme directe correspondante :

Soit $(b_\iota)_{\iota \in I}$ une infinité de groupes totalement ordonnés tous différents de $\{0\}$, soit $G = \prod_{\iota \in I} G_\iota$ et $H = \sum_{\iota \in I} G_\iota$. On peut considérer H comme un sous-groupe de G et si $\Gamma = G/H$, on peut ordonner Γ en posant que pour tout $x \in G$, si φ est

---

([1]) C'est-à-dire si n est entier > 0 et si $x \in G$, $nx \geqq 0 \rightarrow x \geqq 0$.

([2]) *Voir* par exemple : Clifford, *Ann. Math.*, **41**, 1940, p. 467; Birkhoff, *Ibid.*, **43**, 1942, p. 298.

([3]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1631.

l'application canonique de G sur H : $\varphi(x) \geqq 0 \rightleftharpoons$ il n'y a qu'un nombre fini d'indices $\iota \in I$ tels que la composante d'indice ι de x soit négative.

Il est alors facile de voir que Γ est réticulé et n'admet pas de filet minimal. On vérifie que Γ n'est pas archimédien.

Nous allons terminer en donnant la caractérisation suivante des sous-groupes de R :

THÉORÈME 4. — *Pour que le groupe ordonné* G *soit isomorphe à un sous-groupe de* R, *il faut et il suffit qu'il vérifie les conditions suivantes :*

1° G *est semi-clos et filtrant*;

2° *Toute structure d'ordre totale sur* G *compatible avec sa structure de groupe et plus fine que sa structure d'ordre initiale transforme* G *en un groupe archimédien* (c'est-à-dire en un sous-groupe isomorphe à un sous-groupe de R).

3° *Si* G *est trivialement ordonné,* $G = \{0\}$.

Ceci peut encore s'exprimer en disant que si un groupe G est semi-clos, filtrant et non totalement ordonné, il est toujours possible de trouver sur G une ordination totale plus fine que l'ordination initiale et telle que G ainsi ordonné ne soit pas archimédien.

GÉOMÉTRIE. — *Théorème de réductibilité des variétés kählériennes et applications.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

S'il existe sur une variété kählérienne un tenseur symétrique du second ordre, self-adjoint et à dérivée covariante nulle, la métrique de la variété est réductible à la somme de plusieurs métriques kählériennes. Si la variété envisagée est compacte, des conséquences sur l'homologie de la variété en résultent.

Soit H_n une variété kählérienne de dimension complexe n (dimension topologique $2n$) et de métrique

$$ds^2 = g_{\alpha\beta^*}\, dz^\alpha\, dz^{\beta^*}, \tag{1}$$

où α, β varient de 1 à n, $\beta^* = \beta + n$, z^{β^*} étant la variable imaginaire conjuguée de z^β. Les notations utilisées seront celles de Bochner ([1]) à l'exception de la convention sur les indices latins qui se trouvera modifiée. On peut essayer d'étendre à une variété H_n les résultats classiques sur la réductibilité locale des variétés riemanniennes. On établit d'abord aisément le théorème suivant :

THÉORÈME 1. — *S'il existe des changements de coordonnées permis, tels que la métrique* H_n *puisse être réduite à une somme de deux ou plusieurs métriques hermitiques de la forme*

$$ds^2 = g_{hk^*}(z^l)\, dz^h\, dz^{k^*} + g_{\bar{h}\bar{k}^*}(z^{\bar{l}})\, dz^{\bar{h}}\, dz^{\bar{k}^*}, \tag{2}$$

[*où* $h, k, l, \ldots = 1, 2, \ldots, p$ *et* $\bar{h}, \bar{k}, \bar{l}, \ldots = p+1, \ldots, n$ ([2])], il existe sur H_n

([1]) *Bull. Amer. Math. Soc.*, 52, 1946, p. 784-797 et 53, 1947, p. 179-195.

([2]) Dans la suite, cette convention restera valable.

un tenseur symétrique self-adjoint T (*avec* $T_{\alpha\beta} = T_{\alpha^*\beta^*} = 0$) *non proportionnel au tenseur fondamental de* H_n *et de dérivée covariante nulle.*

Mais la réciproque du théorème précédent, qui constitue le résultat principal de l'étude de la réductibilité des métriques riemanniennes, ne peut être établie par aucune des méthodes classiques en géométrie riemannienne ([3]) et apparaît comme un résultat beaucoup plus fin.

THÉORÈME II. — *S'il existe sur* H_n *un tenseur symétrique self-adjoint* T (*avec* $T_{\alpha\beta} = T_{\alpha^*\beta^*} = 0$) *non proportionnel au tenseur fondamental et de dérivée covariante nulle, la variété kählérienne est localement réductible au sens du théorème* I.

Les valeurs propres de la matrice $(T_\alpha^{\ \beta})$ par rapport à la matrice $(g_\alpha^{\ \beta})$ sont réelles et constantes. Soit ρ l'une d'entre elles d'ordre p. Si l'on note que les composantes $T_\alpha^{\ \beta}$ de T sont analytiques, on peut construire, à partir des vecteurs propres associés à ρ, un p-vecteur self-adjoint analytique satisfaisant aux équations

$$\nabla_\beta u^{\alpha_1 \ldots \alpha_p} = H_\beta u^{\alpha_1 \ldots \alpha_p},$$

où ∇_β est l'opérateur de dérivation covariante et H_β un vecteur convenable. En étudiant les vecteurs $\vec{l}_{(\bar{h})}$ tels que $u^{\alpha_1 \ldots \alpha_p} l_{(\bar{h})\alpha_1} = 0$, on obtient un système de Pfaff complètement intégrable et à coefficients analytiques

$$\theta_{\bar{h}} \equiv l_{(\bar{h})\alpha} dz^\alpha = 0. \tag{3}$$

Il en résulte l'existence d'un changement de coordonnées permis tel que $l_{(\bar{h})k} = 0$. Dans ces nouvelles coordonnées le p-vecteur u n'admet comme composantes non nulles que les $u^{h_1 \ldots h_p}$ et leurs conjuguées. A partir des $\vec{l}_{(\bar{h})}$, il est possible de construire un $(n-p)$-vecteur self-adjoint analytique satisfaisant aux équations

$$\nabla_\beta V^{\alpha_{p+1} \ldots \alpha_n} = K_\beta V^{\alpha_{p+1} \ldots \alpha_n}$$

et, en réitérant le procédé, on montre l'existence d'un nouveau changement de coordonnées permis tel que *les* $g_{\bar{h}k^*}$ *soient nuls.* Du caractère kählérien de la métrique résulte que, dans ce nouveau système de coordonnées, la métrique (1) s'écrit sous la forme (2). On peut alors poursuivre la réduction en introduisant de nouvelles valeurs propres de $(T_\alpha^{\ \beta})$.

2. Supposons maintenant la variété H_n *compacte* et satisfaisant aux conditions du théorème II. La métrique (1) peut alors se mettre sous la forme d'une somme de r métriques kählériennes. A chacune de ces métriques correspond une forme quadratique extérieure Ω_A ($A = 1, 2, \ldots, r$) définie sur H_n, s'exprimant localement au moyen des mêmes variables que la métrique et construite

---

([3]) EISENHART, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 27, 1925, p. 563-570 et H. LEVY, *Ann. Math.*, 27, 1926, p. 91-98.

à partir du tenseur fondamental de cette métrique. Les tenseurs antisymétriques self-adjoints correspondant à ces formes sont à dérivée covariante nulle.

Il en résulte que *chacune des formes* $\Omega_1, \Omega_2 \ldots, \Omega_r$ *est harmonique sur* H_n *ainsi que toute forme obtenue à partir de celles-ci par multiplication extérieure.* Les formes de même degré ainsi construites forment d'ailleurs manifestement *un système libre.*

En raisonnant sur le cas $r = 2$, on aboutit *par exemple* au résultat suivant :

Théorème III. — *S'il existe, sur une variété kählérienne compacte, orientable,* H_n *un tenseur symétrique self-adjoint* $T_{\alpha\beta'}$ *non proportionnel au tenseur fondamental et à dérivée covariante nulle, on a*

$$b_{2k}(H_n) \geqq k+1 \qquad (k = 1, 2, \ldots, q),$$

où b_{2k} *désigne le* $(2k)^e$ *nombre de Betti de* H_n *et où* $q(\leqq n/2)$ *est soit l'ordre de multiplicité de l'une quelconque des valeurs propres de* T, *soit son complément à n.*

3. Plus généralement, les notations étant celles de 2, si α_A est une forme *harmonique* sur H_n s'exprimant localement au moyen des variables de la $A^{\text{ième}}$ métrique (et par suite cofermée dans cette métrique), *les formes* $\prod_{A=1}^{r} \alpha_A$ *sont harmoniques sur* H_n. Les démonstrations complètes, ainsi que d'autres résultats concernant l'homologie des variétés kählériennes réductibles, paraîtront ailleurs.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur les probabilités inverses.*

Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Émile Borel.

L'auteur propose une extension très naturelle (*voir* § 1, postulat II) des postulats de la théorie de la probabilité, d'où l'on peut tirer les conclusions sur les probabilités inverses. Dans le paragraphe 3 est établi un théorème suffisamment général et de même genre que les théorèmes d'addition et de multiplication des probabilités. Un exemple d'un tirage de boules est donné dans le paragraphe 4.

1. Prenons les postulats suivants :

Postulat I (de l'uniformité des hypothèses relatives aux événements isolés). — *Si l'on n'a aucune raison de considérer deux événements comme inégalement probables, on doit leur attribuer des probabilités égales.*

Définition. — Désignons par événement simple un ou plusieurs phénomènes que l'on ne peut décomposer en une pluralité de plusieurs phénomènes pouvant former diverses combinaisons. Désignons d'autre part, comme *complexe*, le cas inverse, c'est-à-dire une série d'événements capables de se combiner d'une manière entièrement ou en partie indépendante.

(*) Séance du 27 novembre 1950.

Corollaire 1. — *L'hypothèse de probabilité égale peut toujours être formulée sur les événements simples, par contre, sur les* complexes, *elle ne peut l'être qu'au cas où cela ne conduit pas à des résultats absurdes en ce qui concerne les événements simples constituant ces complexes.*

Corollaire 2. — *La probabilité directe et la probabilité inverse ne peuvent jamais se rapporter simultanément à la catégorie des probabilités uniformément distribuées.*

Postulat II (de l'uniformité des hypothèses relatives aux séries d'événements). — *Pour des séries ne différant par aucune caractéristique essentielle, on peut postuler n'importe quelles distributions des probabilités, pourvu qu'elles soient identiques.*

Bien entendu ce ne sont que les postulats I et II qu'on prend comme les axiomes. Le premier n'est qu'une forme nouvelle de l'idée ancienne de Bernoulli et de Laplace; le second postulat est lié avec le premier si étroitement, qu'on ne peut le rejeter en conservant le postulat I.

2. Soient p et s les grandeurs qui caractérisent les faits antécédents ($0 \leqq p \leqq 1$) et les faits subséquents ($0 \leqq s \leqq 1$) (*voir* théorème), soient

$$f(p, s) = \Phi(p, s) : \int_0^1 \Phi(p, s)\, ds \tag{1}$$

et

$$F(p, s) = \Phi(p, s') : \int_0^1 \Phi(p, s')\, dp, \tag{2}$$

les probabilités correspondantes : (1), probabilité *directe* de la grandeur s pour p donné; (2), la probabilité (dite *inverse*) de p pour un s ayant déjà eu lieu $= s'$. De (1) et (2) découle que la probabilité directe réitérée (de la grandeur s après un s' ayant déjà eu lieu) sera

$$P(s', s) = \int_0^1 F(p, s') f(p, s)\, dp : \int_0^1 \int_0^1 F(p, s') f(p, s)\, dp\, ds. \tag{3}$$

Lorsqu'on connaît f, la seule combinaison bilinéaire (c'est-à-dire satisfaisant au théorème de la multiplication des probabilités) pour F sera :

$$F(p, s_0) = g(p) f(p, s_0) : \int_0^1 g(p) f(p, s_0)\, dp, \tag{4}$$

ce qui correspond également aux conditions de la normalisation.

3. Bornons-nous pour le moment au domaine assez vaste des phénomènes, où les événements p se rapportent au même type que s ou peuvent être ramenés à ce type par une transformation [que nous considérons comme déjà réalisée dans les formules (1) à (4)]. Nous voyons que d'après des postulats du paragraphe 2, g doit déterminer p de la même manière que f détermine s. En intro-

duisant au lieu des grandeurs p les grandeurs : $N_1 = NP$, $N_2 = (1 - P)N$ et au lieu de $s \rightarrow n_1 = np$, $n_2 = n(1 - p)$, on a : $f \sim f(N_1, N_2, n_1, n_2)$, $g \sim f(N_{1,\,\text{monde}}, N_{2,\,\text{monde}}, N_1, N_2) = f(\omega, \omega, N_1 N_2)$ conformément aux résultats précédents. On a alors finalement pour la probabilité inverse la formule

$$(5) \qquad F(p) = f[\omega, \omega, NP, N(1-P)] \times f[NP, N(1-P), np, n(1-p)] : \int_0^1 f[\omega, \omega, NP, N(1-P)] \times f(NP, N(1-P), np, n(1-p)]\, dp.$$

Ici ω peut être aussi bien fini comme infini. En général il existe :

Théorème (des probabilités inverses). — *Pour calculer les faits subséquents lorsque les probabilités g des faits antécédents sont connues on doit recourir à la formule de Bayes dans sa forme ancienne. Par contre, lorsque les probabilités des faits antécédents sont inconnues et qu'on n'a aucune raison de proposer pour leurs probabilités l'une ou l'autre forme, on doit attribuer à ces faits le même genre de probabilité que nous avons adopté pour faits subséquents* (f). *Pour la probabilité des deuxièmes séries des faits subséquents* (*probabilité* a posteriori) *on doit appliquer à nouveau la formule de Bayes en substituant au lieu de g la même expression que pour f. En se bornant au domaine des faits causals, on peut aussi dire* causes *et* conséquences).

4. Considérons à titre d'exemple une urne (E) contenant N boules (nombre connu) dont N_1 de boules blanches (nombre inconnu). Soient n et n_1 les nombres de boules tirées. La différence entre (n, n_1) et (n', n'_1) correspond à celle entre s et s'. On a quatre cas : (I) Les boules retournent à E. L'urne *mondiale* hypothétique (M) est identique à la précédente. (II) Les boules ne retournent pas à E; celles tirées de M y retournent. (III) Les boules ne retournent ni à E ni à M. (IV) Les boules retournent à E, mais non à M :

$$(\text{I}) \quad \begin{cases} F = C_N^{N_1} N_1^{n'_1}(N - N_1)^{n'-n'_1} : \Sigma C_N^{N_1} N_1^{n'_1}(N - N_1)^{n'-n'_1}; \\ P = C_n^{n'} \Sigma C_N^{N_1} N_1^{n_1+n'_1}(N - N_1)^{n+n'-n_1-n'_1} : N^n \Sigma \text{ simile à } F; \end{cases}$$

$$(\text{II}) \quad F = 2^{n-N} C_{N-n}^{N_1-n_1}; \qquad P = 2^{-n} C_n^{n_1};$$

$$(\text{III}) \quad \begin{cases} F = C_{2\omega-N}^{\omega-N_1} C_{N-n'}^{N_1-n'_1} : \Sigma C_{2\omega-N}^{\omega-N_1} C_{N-n'}^{N_1-n'_1}; \\ P = C_n^{n_1} \Sigma C_{2\omega-N}^{\omega-N_1} C_{N-n-n'}^{N_1-n_1-n'_1} : \Sigma C_{2\omega-N}^{\omega-N_1} C_{N-n'}^{N_1-n'_1}; \end{cases}$$

$$(\text{IV}) \quad \begin{cases} F = C_{2\omega-N}^{\omega-N_1} C_N^{N_1} N_1^{n'_1}(N - N_1)^{n'-n'_1} : \Sigma C_{2\omega-N}^{\omega-N_1} C_N^{N_1} N_1^{n'_1}(N - N_1)^{n'-n'_1}; \\ P = C_n^{n_1} \Sigma C_{2\omega-N}^{\omega-N_1} C_N^{N_1} N^{n_1+n_1^1}(N - N_1)^{n+n-n_1-n'_1} : N^n \Sigma \text{ simile à } F. \end{cases}$$

Bien entendu seuls les cas (I) et (III) sont par eux-mêmes irréprochables du point de vue ici exposé. Quant aux cas (II) et (IV), ils ont un sens pour $\omega = \infty$ où (IV) se transforme en (I) et (III) en (II). Si l'on n'a pas effectué d'essais préliminaires, les formules de ce dernier cas peuvent être considérées comme fondamentales :

$$F = 2^{-N} C_N^{N_1} \quad \text{et} \quad P = 2^{-n} C_n^{n_1}.$$

MÉCANIQUE. — *Le frottement interne des solides et la viscosité.* Note de M. **Albert Kammerer**, présentée par M. Henri Beghin.

L'amortissement des vibrations élastiques des solides augmente avec la température. Il semblerait donc que le frottement interne ne puisse être assimilé à la viscosité, puisque celle-ci diminue lorsque la température croît; cette contradiction n'est qu'apparente et s'explique par la décroissance du module d'élasticité, plus rapide que celle de la viscosité.

Un tube mince de longueur l, de rayon moyen r et d'épaisseur ε faible à côté de r, a une de ses sections extrêmes fixe, tandis que l'autre est libre et comporte deux masses m, diamétralement opposées et situées à une distance R de l'axe. Initialement, ces masses sont écartées de leur position d'équilibre depuis un temps très long; le diamètre passant par leurs centres faisant, avec la position d'équilibre, un angle φ_0, le tube est soumis à un cisaillement uniforme

$$\tau_0 = \mu \frac{r}{l} \varphi_0 = \mu\gamma_0, \qquad \theta_0 = 0;$$

$\mu = E/2(1+\nu)$ est le coefficient d'élasticité transversal, θ_0, la dilatation cubique.

Les masses, abandonnées à elles-mêmes, produisent, à chaque instant, un couple de torsion dû à l'inertie

$$M = -2mR^2 \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

et, par suite, un cisaillement

$$\tau = -\frac{2mR^2}{2\pi r^2 \varepsilon} \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

Si l'on admet [1] que les relations entre les tensions principales d'un système homogène et les éléments de la déformation sont

$$\sigma_i = \frac{E}{1+\nu}\left(\frac{\nu}{1-2\nu}\theta + e_i\right) + \lambda' \frac{d\theta}{dt} + 2\mu' \frac{de_i}{dt} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

les tensions principales restant petites, on voit que, pour le tube soumis à la torsion, on a

$$\frac{E}{1-2\nu}\theta + (3\lambda' + 2\mu') \frac{d\theta}{dt} = 0;$$

d'où $\theta = 0$, puisqu'à l'origine $\theta_0 = 0$.

Par suite, on est ramené à l'équation

$$\tau = \mu\gamma + \mu' \frac{d\gamma}{dt}.$$

Le glissement γ ayant pour valeur $r\varphi/l$, on obtient

$$K \frac{d^2\varphi}{dt^2} + \mu' \frac{d\varphi}{dt} + \mu\varphi = 0 \qquad \text{avec} \quad K = \frac{mR^2 l}{\pi r^3 \varepsilon}.$$

---

[1] *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1144-1145.

Lorsque $\mu'^2 - 4\mu K$ est négatif, la solution a la forme

$$\varphi = \frac{\varphi_0}{\sqrt{1 - \frac{\mu'^2}{4\mu K}}} e^{-\frac{\mu'}{2K}t} \sin(\omega t + \psi),$$

avec

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu}{K}} \sqrt{1 - \frac{\mu'^2}{4\mu K}}, \qquad \operatorname{tg}\Psi = \sqrt{\frac{4\mu K}{\mu'^2} - 1}.$$

Si le rapport de deux amplitudes séparées par une période $T = 2\pi/\omega$:

$$\Lambda = \frac{\varphi_{t+T}}{\varphi_t} = e^{-\frac{\mu'}{2K}\frac{2\pi}{\omega}} = e^{\frac{-2\pi}{\sqrt{\frac{4\mu K}{\mu'^2} - 1}}}$$

diminue, l'amortissement croît; ceci se produit quand : *a.* μ' augmente; *b.* μ diminue; *c.* K décroît.

Supposons maintenant que la température augmente; μ et μ' diminuent, de telle sorte que μ s'annule au passage du solide à l'état liquide, tandis que μ' reste alors différent de zéro, le liquide ayant une viscosité non nulle; par suite, on peut penser que μ'^2/μ augmente et l'on voit que la période T croît et devient infinie (amortissement critique) à la température où

$$\mu'^2 = 4\mu K,$$

tandis que Λ diminue; ceci correspond à un accroissement de l'amortissement donc, apparemment du *frottement interne*.

Nous venons de montrer que ce phénomène n'est pas incompatible avec la diminution corrélative de la viscosité et, par suite, que le *frottement interne* des solides peut, malgré cette propriété, être assimilé à la viscosité des fluides.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La transposition de Fourier de l'équation de Dirac.* Note (*) de M. **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Partant d'un résultat antérieur on détermine l'équation que doivent vérifier les coefficients de Fourier d'une quelconque solution de l'équation de Dirac et l'on en déduit la possibilité de mettre l'équation de Dirac sous forme d'une équation intégrale à limites fixes.

I. Nous allons appliquer la méthode générale de transposition de Fourier indiquée dans une Note précédente [1], à l'équation de Dirac, mise sous la forme ci-dessous, avec $x = x_1$, $y = x_2$, $z = x_3$, $ct = x_4$, $A_x = A_1$, $A_y = A_2$,

---

(*) Séance du 20 novembre 1950.

(1) *Cf.* Guy Rideau, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 949.

$A_z = A_3$, $V = A_4$

$$(1)\quad \left\{-\frac{\partial}{\partial x_4} + \alpha_1\frac{\partial}{\partial x_1} + \alpha_2\frac{\partial}{\partial x_2} + \alpha_3\frac{\partial}{\partial x_3} + ik\alpha_4\right\}\Psi = \frac{2\pi ie}{hc}\{A_4 + A_1\alpha_1 + A_2\alpha_2 + A_3\alpha_3\}\Psi,$$

R représentant un point d'espace-temps, U un quadrivecteur, nous poserons

$$\Psi(R) = (2\pi)^{-2}\int\varphi(U)\exp(-iUR)\,d^4U, \qquad \varphi(U) = (2\pi)^{-2}\int\Psi(R)\exp(iUR)\,d^4R,$$

où UR représente un produit scalaire qui, dans l'espace pseudo-euclidien choisi, d'élément linéaire $ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 - dx_4^2$, s'écrit

$$UR = U_1R_1 + U_2R_2 + U_3R_3 - U_4R_4.$$

En multipliant (1) par $(2\pi)^{-2}\exp iUR$, puis intégrant sur l'espace des R, les a_i étant les coefficients de Fourier des A_i, on trouve l'équation

$$\left\{-iu_4 - \sum_1^3 iu_j\alpha_j + ik\alpha_4\right\}\varphi(U)$$
$$= (2\pi)^{-2}(hc)^{-1}2\pi ie\int\left\{a_4(U-V) + \sum_1^3 a_j(U-V)\alpha_j\right\}\varphi(V)\,d^4V.$$

Après multiplication à gauche par $-iu_4 + iu_1\alpha_1 + iu_2\alpha_2 + iu_3\alpha_3 - ik_0\alpha_4$ et après adjonction d'un second membre correspondant à une solution de l'équation non perturbée, nous avons l'équation intégrale suivante :

$$(1)\qquad \varphi(U) = \varphi_0(U) + \frac{1}{(2\pi)^2}\frac{2\pi ie}{hc}\int\frac{-iu_4 + iu_1\alpha_1 + iu_2\alpha_2 + iu_3\alpha_3 - ik_0\alpha_4}{k_0^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 - u_4^2}$$
$$\left\{a_4(U-V) + \sum_1^3 a_j(U-V)\alpha_j\right\}\varphi(V)\,d^4V,$$

qui se traite formellement par la méthode classique, les noyaux itérés étant des opérateurs portant sur les indices des $\varphi(U)$.

2. Comme dans le cas de l'équation de Schrödinger (1), s'adapte bien à la solution des problèmes de collisions, en séparant la contribution à la fonction d'onde provenant d'une onde non perturbée. Celle-ci de plus est plane; si K est son vecteur directeur quadridimensionnel, son coefficient de Fourier est, à un facteur près $\delta(U-K)$. En appelant $\Gamma(U, V, 1)$ le noyau résolvant de (1) si $2\pi ie/hc$ était égal à l'unité, on a comme solution

$$\varphi(U) = \varphi^0(U) + (2\pi)^2\frac{2\pi ie}{hc}\Gamma\left(U, K, \frac{2\pi ie}{hc}\right)P,$$

où P est une notation condensée pour l'amplitude de l'onde non perturbée.

Si le champ électromagnétique est permanent, les $a_j(\mathrm{U})$ sont de la forme $a'_j(u_1 u_2 u_3)\,\delta(u_4)$ et l'on voit facilement que $\varphi(\mathrm{U})$ est de la forme $\varphi_1\,\delta(u_4 - k_4)$. La fonction perturbée dépend du temps par la même exponentielle que la non perturbée : il y a conservation de l'énergie; et dans ce cas le premier noyau itéré donnera l'analogue de l'approximation habituelle de Born pour le cas non relativiste ([2]).

3. Nous pouvons aussi effectuer sur l'équation (1) une nouvelle transposition de Fourier qui permettra de revenir aux solutions de l'équation de Dirac, mais les déterminera sous une autre forme.

Nous multiplions (1) par $(2\pi)^{-2}\exp(-i\mathrm{UR})$ et intégrons dans l'espace des U. Les formules de réciprocité donnent

$$\Psi(\mathrm{R}) = \Psi^0(\mathrm{R}) - \frac{2\pi i}{hc}\int \mathrm{K}_0(\mathrm{R},\,\mathrm{R}')\,\mathrm{P}(\mathrm{R}')\,\Psi(\mathrm{R}')\,d^4\mathrm{R}',$$

en tenant compte de l'expression des a_j et de la forme de la fonction d'onde. La quantité $\mathrm{P}(\mathrm{R}')$ est le potentiel perturbateur

$$\mathrm{P}(\mathrm{R}') = -e(\mathrm{A}_4 + \mathrm{A}_1\alpha_1 + \mathrm{A}_2\alpha_2 + \mathrm{A}_3\alpha_3),$$

$\mathrm{K}_0(\mathrm{R},\,\mathrm{R}')$ est donnée par l'expression

$$\mathrm{K}_0(\mathrm{R},\,\mathrm{R}') = \left\{\frac{\partial}{\partial x_4} + \alpha_1\frac{\partial}{\partial x_1} + \alpha_2\frac{\partial}{\partial x_2} + \alpha_3\frac{\partial}{\partial x_3} + ik_0\alpha_4\right\}\mathrm{F}(\mathrm{R}-\mathrm{R}'),$$

où $\mathrm{F}(\mathrm{R})$ est donnée sous forme d'intégrale de Fourier par

$$\mathrm{F}(\mathrm{R}) = (2\pi)^{-4}\int (k_0^2 + u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 - u_4^2)^{-1}\exp(-i\mathrm{UR})\,d^4\mathrm{U},$$

qui est manifestement un invariant relativiste et vérifie l'équation

$$\left\{\frac{\partial^2}{\partial x_4^2} - \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} - \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} - \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} + k_0^2\right\}\mathrm{F}(\mathrm{R}) = \delta(\mathrm{R}).$$

En tenant compte de l'équation vérifiée par $\mathrm{F}(\mathrm{R})$, on trouve facilement que $\mathrm{K}_0(\mathrm{R},\,\mathrm{R}')$ est solution de

$$\left\{\frac{\partial}{\partial x_4} - \alpha_1\frac{\partial}{\partial x_1} - \alpha_2\frac{\partial}{\partial x_2} - \alpha_3\frac{\partial}{\partial x_3} - ik_0\alpha_4\right\}\mathrm{K}_0(\mathrm{R},\,\mathrm{R}') = \delta(\mathrm{R}-\mathrm{R}'),$$

et nous signalerons pour finir les deux propriétés suivantes :

$$\int \mathrm{F}(\mathrm{R})\,d^4\mathrm{R} = \frac{1}{k_0^2} \quad \text{et} \quad \int \mathrm{K}_0(\mathrm{R},\,\mathrm{R}')\,d^4\mathrm{R} = \frac{i\alpha_4}{k_0},$$

([2]) *Cf.* G. PARZEN, *Phys. Rev.*, 15 octobre 1950.

CHRONOMÉTRIE. — *Méthode impersonnelle d'observation des chronomètres, employée à l'Observatoire de Besançon.* Note (*) de MM. **René Baillaud**, **Louis Genoux** et **Jean Gremillard**, présentée par M. Jules Haag.

Description d'un dispositif impersonnel de comparaison des chronomètres par enregistrement des tic-tacs sur le chronographe Belin.

Le Congrès International de Chronométrie de Genève (août 1949) émit le vœu que les Observatoires chronométriques observent désormais les montres par enregistrement du tic-tac du balancier, correspondant à une position définie de l'aiguille des secondes, de façon que soit supprimée toute équation personnelle susceptible d'entacher ces observations.

La Commission Internationale de Coordination des Travaux des Observatoires chronométriques, émanation de ce Congrès, entérina ce vœu au cours de ses réunions de décembre 1949 à Neuchâtel.

Successivement le *National Physical Laboratory* (*Teddington*) et *l'Observatoire de Genève* mirent au point des instruments basés, pour le premier sur l'emploi d'une méthode photoélectrique d'observation du déplacement de l'aiguille sur le cadran, pour le second sur celui de dispositifs électroniques sélectionnant un des tic-tacs et enregistrant sur un chronographe l'heure correspondante. Dans les deux cas la nécessité de bien définir lequel des tic-tacs de la montre observée correspond au passage de la trotteuse sur une division du cadran était la cause de la principale difficulté.

La solution que nous avons donnée, à l'Observatoire de Besançon, au problème posé, est à la fois très simple et très sûre. Elle n'est pas sans quelque analogie dans son principe avec celle adoptée à Genève. Elle repose sur l'emploi du chronographe Belin commandé par horloge radioélectrique.

Une montre placée au contact d'un microphone transmet ses cinq tic-tacs après amplification, à ce chronographe, sur le papier paraffiné duquel ils s'enregistrent sous forme de cinq droites parallèles équidistantes. Au cours de cet enregistrement, ou immédiatement avant ou après, on donne à la main un top au moment où l'aiguille des secondes de la montre passe sur la graduation de référence du cadran et ce signal s'enregistre donc aussi sur le papier paraffiné. On enregistre enfin sur la même bande le zéro de l'Horloge radioélectrique. Par rapport à ce dernier on mesure avec une très grande précision l'heure de chacun des tic-tacs et l'on conserve seulement celle qui est la plus proche de l'heure du top donné manuellement; c'est le tic correspondant du mouvement qui sera maintenant choisi comme instant

(*) Séance du 27 novembre 1950.

de référence; son observation est entièrement automatique et l'équation personnelle de l'observateur est éliminée.

Le chronographe Belin se révèle donc une fois de plus comme très efficace et susceptible d'intéressantes applications dans la technique des mesures de temps.

OPTIQUE ASTRONOMIQUE. — *Correction des déformations thermiques des miroirs de télescope.* Note de M. **André Couder**, présentée par M. André Danjon.

On sait éviter complètement l'effet nuisible des flexions élastiques des miroirs de télescope. Au contraire, jusqu'à présent, on n'a opposé aux déformations d'origine thermique que des moyens passifs (verres à faible coefficient de dilatation, calorifugation partielle du disque, aération ménagée de ses surfaces) qui sont insuffisants. Je décris ici les effets d'un faible apport artificiel de chaleur, convenablement localisé.

1. Les expériences ont été faites sur le télescope de 81^{cm} de l'Observatoire de Haute-Provence; longueur focale de la combinaison Cassegrain 12^{m}; épaisseur moyenne du miroir $7^{cm},6$; capacité calorifique 19^{kg} d'eau; coefficient de dilatation 8.10^{-6}. Au cours d'une séance d'observation, la température de l'air et celle de l'instrument s'abaissent avec une vitesse qui atteint souvent un degré par heure. A ce régime, le miroir perd constamment par conduction, convection et rayonnement environ 22 W et sa température moyenne se tient à $2^{\circ},4$ au-dessus de celle du milieu. Si la température de tout l'instrument restait uniforme, on n'observerait qu'un lent déplacement apparent du plan focal, résultant de la différence des coefficients de dilatatiou du miroir et du tube d'acier : inconvénient négligeable en pratique. Les effets réellement nuisibles viennent de ce que la température du miroir n'étant pas constante ne peut être uniforme; il existe d'assez forts gradients de température à l'intérieur de cette masse médiocrement conductrice, d'où résultent des déformations importantes.

2. Moyennant certaines dispositions (tube ajouré au voisinage du miroir), la déformation de la surface respecte la symétrie de révolution autour de l'axe optique.

En chaque point d'un méridien, à la distance x de l'axe, la différence de marche Δ introduite par l'effet thermique se présente sous la forme

$$\Delta = ax^2 + bx^4.$$

Le terme ax^2 correspond à un changement de la longueur focale. Sa valeur moyenne est à peu près nulle, mais il est soumis à des fluctuations aléatoires liées aux conditions micro-météorologiques. On s'en accommode en modifiant le tirage de mise au point. Le terme bx^4 représente un défaut semblable à l'aberration de sphéricité.

On observe toujours une sur-correction, variable entre zéro et 3 fois la limite de Rayleigh (le plus souvent égale à 1,2 fois cette limite), laquelle pour l'ouverture relative F : 15 correspond à une aberration longitudinale des rayons marginaux égale à $2^{mm},0$. C'est cet effet partiel, directement nuisible, que je me suis proposé de corriger.

3. Le dispositif qui a réussi est le suivant. Sur la face postérieure du miroir est appliquée une résistance en fil fin de constantan, en bon contact thermique avec le verre, doublée extérieurement d'une enveloppe calorifuge. Elle recouvre d'un lacis serré une zone ayant $57^{cm},8$ de diamètre intérieur, $70^{cm},8$ de diamètre extérieur. La structure du faisceau fourni par une étoile brillante est étudiée par la méthode de Foucault. Le circuit étant fermé sur une batterie, on obtient en peu de temps un état stable caractérisé par l'apparition d'une sous-correction sphérique, l'aberration longitudinale des rayons marginaux valant $0^{mm},81$ pour chaque watt dépensé dans l'enroulement, et d'autre part un raccourcissement de la longueur focale du même ordre de grandeur. Dans les circonstances ordinaires, une puissance un peu inférieure à 3 W suffit à compenser le défaut thermique habituel du miroir avec toute la précision que comporte l'essai à la lame de couteau. Avec une puissance 8 fois plus grande, l'aberration créée artificiellement devient énorme, sans cesser d'être régulière.

Le régime stable est atteint suivant une fonction exponentielle du temps : la moitié de l'effet limite est obtenue en 8 minutes. Comme les changements spontanés de la forme du miroir sont beaucoup plus lents, l'observateur est toujours maître d'obtenir par le simple jeu d'un rhéostat une correction excellente en un quart d'heure.

4. Lorsque, par un réglage convenable, on a obtenu la disparition de l'aberration, cela signifie que l'apport local de chaleur a transformé les surfaces isothermes à l'intérieur du miroir en des plans normaux à l'axe optique. Il a suffit pour cela d'ajouter 3 W aux 22 W que perd constamment le miroir au cours de la nuit. L'excès de la température de la surface optique sur celle de l'air est rendu uniforme dans toute son étendue, et il est augmenté au total de 13,5 %. Cet accroissement n'est pas tel qu'il puisse aggraver sensiblement l'effet optique des courants de convection aériens. Aussi l'amélioration des images est-elle remarquable.

Un correcteur analogue sera installé sur les autres instruments de l'Obser vatoire de Haute-Provence en service ou en projet. La puissance à mettre en jeu dans chaque cas ne peut être connue d'avance; en revanche, on peut prévoir que les constantes de temps seront proportionnelles aux carrés des épaisseurs des miroirs.

5. On sait combien est nuisible la courbure convexe que prennent les miroirs des cælostats employés à l'observation du Soleil. Il est aisé d'imaginer un correcteur de courbure agissant comme le correcteur d'aberration décrit ci-dessus.

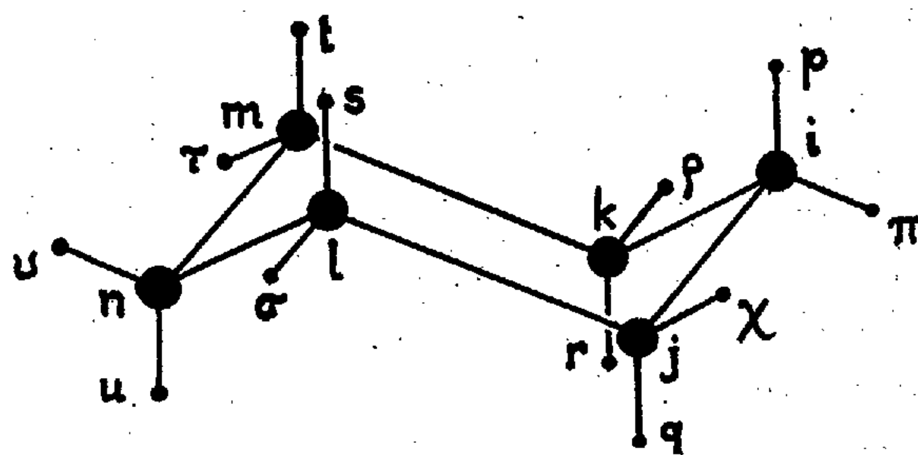
SPECTROGRAPHIE. — *Calcul des fréquences fondamentales de vibration du cyclohexane.* Note (*) de M. **Marcel Larnaudie**, présentée par M. Jean Cabannes.

La détermination des 32 fréquences fondamentales du cyclohexane a été faite, en supposant une « structure en chaise » de symétrie D_{3d}. Un ensemble de constantes de force et d'interaction a été calculé. Les résultats permettent une bonne interprétation des spectres.

L'étude des spectres de vibration du cyclohexane a déjà donné lieu à différentes recherches parmi lesquelles on peut citer celles de K. W. F. Kohlrausch et H. Witteck (1) (spectres Raman), D. A. Ramsay et G. B. B. M. Sutherland (2) (calcul des vibrations de la chaîne carbonée), C. W. Beckett et K. S. Pitzer (3) (interprétation partielle), M. Harrand (4) (spectres Raman). La répartition des modes de vibration peut se faire comme suit :

Modes de vibration.	A_{1g}.	A_{1u}.	A_{2g}.	A_{2u}.	E_g.	E_u.
Δ_s : vibration symétrique CH_2	1	–	–	1	1	1
Δ_a : vibration antisymétrique CH_2	1	–	–	1	1	1
β : déformation de valence CH_2	1	–	–	1	1	1
γ : rotation de CH_2 dans son plan	1	–	–	1	1	1
δ : rotation de CH_2 autour de sa première bissectrice	–	1	1	–	1	1
ε : rotation de CH_2 autour de sa deuxième bissectrice	–	1	1	–	1	1
Δ : vibration de valence C-C	1	1	–	–	1	1
α : déformation de valence C-C-C	1	–	–	1	1	1

J'ai utilisé la méthode donnée par E. B. Wilson (5).



Soient r_i le vecteur déplacement de l'atome i, e_{ij} un vecteur unitaire dirigé de i vers j, s_{ij} et q_{ij} la distance ij et sa variation, a_i et α_i l'angle (ij, ik) et sa variation, b_i et β_i l'angle $(ip, i\pi)$ et sa variation ($a_i = b_i = 109°28'$), γ_i l'angle de rotation de CH_2 dans son plan, δ_i et ε_i les angles de rotation de CH_2 autour de sa première et de sa deuxième bissectrice.

(*) Séance du 27 novembre 1950.

(1) *Z. Phys. Chem.*, B. 31, 1936, p. 382 et B. 48, 1941, p. 178.

(2) *Proc. Roy. Soc. London*, 190, 1947, p. 245.

(3) *J. Amer. Chem. Soc.*, 69, 1947, p. 2488.

(4) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 462.

(5) *J. Chem. Phys.*, 9, 1941, p. 76.

On peut exprimer les q_{ij}, α_i, β_i, γ_i, δ_i, ε_i, en fonction des e_{ij} et des r_i par des relations de la forme

$$q_{ij} = e_{ij}(r_j - r_i),$$
$$\alpha_i = (r_i - r_j)\frac{e_{ik} - e_{ij}\cos a_i}{s_{ij}\sin a_i} + (r_i - r_k)\frac{e_{ij} - e_{ik}\cos a_i}{s_{ik}\sin a_i},$$

. . . .

J'ai adopté un système de coordonnées symétriques normalisées, tel qu'il n'y ait pas de coordonnées surabondantes. Celles qui se rapportent au mode A_{1g} sont données par :

$$2\sqrt{3}\,\Delta_a(A_{1g}) = q_{ip} + q_{jq} + q_{kr} + q_{ls} + q_{mt} + q_{nu} - q_{i\pi} - q_{j\chi} - q_{k\rho} - q_{l\sigma} - q_{m\tau} - q_{n\upsilon},$$
$$2\sqrt{3}\,\Delta_s(A_{1g}) = q_{ip} + q_{jq} + q_{kr} + q_{ls} + q_{mt} + q_{nu} + q_{i\pi} + q_{j\chi} + q_{k\rho} + q_{l\sigma} + q_{m\tau} + q_{n\upsilon},$$
$$\sqrt{6}\,\beta\,(A_{1g}) = \beta_i + \beta_j + \beta_k + \beta_l + \beta_m + \beta_n,$$
$$\sqrt{6}\,\gamma\,(A_{1g}) = \gamma_i + \gamma_j + \gamma_k + \gamma_l + \gamma_m + \gamma_n,$$
$$\sqrt{6}\,\Delta\,(A_{1g}) = q_{ij} + q_{ik} + q_{jl} + q_{km} + q_{ln} + q_{mn},$$
$$\sqrt{6}\,\alpha\,(A_{1g}) = \alpha_i + \alpha_j + \alpha_k + \alpha_l + \alpha_m + \alpha_n.$$

Les autres coordonnées ont des expressions similaires, en accord avec la symétrie des modes de vibration auxquels elles appartiennent.

Les matrices symétriques *énergie cinétique inverse* G ont ensuite été calculées. Si μ est le rapport des masses atomiques C/H, on a :

A_{1g} :

$G_{\Delta_a\Delta_a} = 4 + 3\mu$; $G_{\Delta_a\Delta_s} = G_{\Delta_a\beta} = 0$; $G_{\Delta_a\gamma} = 4$;
$G_{\Delta_a\Delta} = 0$; $G_{\Delta_a\alpha} = 6$; $G_{\Delta_s\Delta_s} = 2 + 3\mu$; $G_{\Delta_s\beta} = -4$.
$G_{\Delta_s\gamma} = 0$; $G_{\Delta_s\Delta} = -2\sqrt{2}$; $G_{\Delta_s\alpha} = 2$; $G_{\beta\beta} = 8 + 6\mu$;
$G_{\beta\gamma} = 0$; $G_{\beta\Delta} = 4\sqrt{2}$; $G_{\beta\alpha} = -4$.
$G_{\gamma\gamma} = 4 + 6\mu$; $G_{\gamma\Delta} = 0$; $G_{\gamma\alpha} = 6$;
$G_{\Delta\Delta} = 4$; $G_{\Delta\alpha} = -2\sqrt{2}$; $G_{\alpha\alpha} = 11$.

Les termes $G_{\Delta_a\Delta_a}$, $G_{\Delta_a\Delta_s}$, $G_{\Delta_a\beta}$, $G_{\Delta_a\gamma}$, $G_{\Delta_s\Delta_s}$, $G_{\Delta_s\beta}$, $G_{\Delta_s\gamma}$, $G_{\beta\beta}$, $G_{\beta\gamma}$, $G_{\gamma\gamma}$ restent les mêmes dans tous les autres modes. On ne les répétera pas.

A_{1u} : $G_{\Delta\Delta} = 8$; $G_{\Delta\delta} = G_{\Delta\varepsilon} = G_{\delta\varepsilon} = 0$; $G_{\varepsilon\varepsilon} = 12 + 6\mu$; $G_{\delta\delta} = 6\mu$.
A_{2g} : $G_{\delta\delta} = 6\mu$; $G_{\delta\varepsilon} = 0$; $G_{\varepsilon\varepsilon} = 12 + 6\mu$.
A_{2u} : $G_{\Delta_a\alpha} = -6$; $G_{\Delta_s\alpha} = 6$; $G_{\beta\alpha} = -12$; $G_{\gamma\alpha} = -6$; $G_{\alpha\alpha} = 27$.

E_g :

$G_{\Delta_a\Delta} = 0$; $G_{\Delta_s\Delta} = -\sqrt{2}$; $G_{\beta\Delta} = 2\sqrt{2}$; $G_{\gamma\Delta} = 0$;
$G_{\Delta\Delta} = 7$; $G_{\Delta_a\alpha} = -3$; $G_{\Delta_s\alpha} = 5$; $G_{\beta\alpha} = -10$;
$G_{\gamma\alpha} = -3$; $G_{\Delta\alpha} = -4\sqrt{2}$; $G_{\alpha\alpha} = 15,5$.
$G_{\Delta_a\delta} = G_{\Delta_s\delta} = G_{\beta\delta} = G_{\gamma\delta} = G_{\Delta\delta} = G_{\alpha\delta} = 0$ $G_{\delta\delta} = 6\mu$
$G_{\Delta_a\varepsilon} = G_{\Delta_s\varepsilon} = G_{\beta\varepsilon} = G_{\gamma\varepsilon} = G_{\Delta\varepsilon} = G_{\alpha\varepsilon} = C_{\delta\varepsilon} = 0$ $G_{\varepsilon\varepsilon} = 12 + 6\mu$

E_u :

$G_{\Delta_a\Delta} = 0$; $G_{\Delta_s\Delta} = -\sqrt{6}$; $G_{\beta\Delta} = 2\sqrt{6}$; $G_{\gamma\Delta} = 0$;
$G_{\Delta\Delta} = 5$; $G_{\Delta_a\alpha} = 3$; $G_{\Delta_s\alpha} = 3$; $G_{\beta\alpha} = -6$;
$G_{\gamma\alpha} = 3$; $G_{\Delta\alpha} = -2\sqrt{6}$; $G_{\alpha\alpha} = 7,5$.
$G_{\Delta_a\delta} = G_{\Delta_s\delta} = G_{\beta\delta} = G_{\gamma\delta} = G_{\Delta\delta} = G_{\alpha\delta} = 0$ $G_{\delta\delta} = 6\mu$
$G_{\Delta_a\varepsilon} = G_{\Delta_s\varepsilon} = G_{\beta\varepsilon} = G_{\gamma\varepsilon} = G_{\Delta\varepsilon} = G_{\alpha\varepsilon} = G_{\delta\varepsilon} = 0$ $G_{\varepsilon\varepsilon} = 12 + 6\mu$.

Les résultats feront l'objet d'une communication ultérieure.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Observation de la résonance magnétique nucléaire sans balayage permanent.* Note de MM. **Georges-Jean Béné, Pierre-Maurice Denis** et **Richard-Charles Extermann**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les dispositifs classiques d'observation de la résonance magnétique nucléaire (Bloch, Purcell, Roberts, Torrey, etc.) comprennent les éléments essentiels suivants :

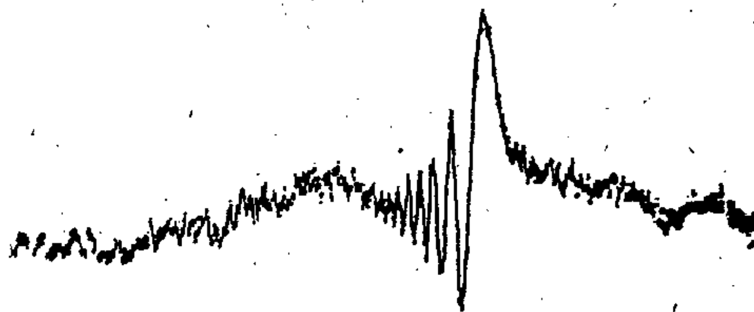
1° un champ magnétique de haute fréquence H_ω;

2° un champ magnétique constant H_0;

3° un dispositif de balayage permanent : balayage du champ constant H_0 (Bloch, Purcell, Roberts) ou de la fréquence du champ H_ω (Torrey).

L'existence d'un balayage permanent a pour effet de rendre simultanément observables le signal *aller* et le signal *retour*, le premier correspondant à une croissance, le second à une décroissance du champ H_0 ou de la fréquence d'oscillation du champ H_ω.

On sait que dans les cas où les signaux présentent un grand nombre de battements, il existe parfois une interaction entre ces deux signaux et par suite une déformation mutuelle.



Dans le but d'éliminer une telle interaction, nous avons supprimé le balayage permanent à l'aide du dispositif suivant :

1° Le champ H_0 est amené à une valeur H'_0 un peu inférieure à la valeur de résonance H^* définie par la relation $\omega = \gamma H^*$ dans laquelle ω est la pulsation du champ H_0, et γ le rapport gyromagnétique des noyaux soumis à l'investigation.

2° On fait alors passer le champ H_0 de la valeur H'_0 à une valeur H''_0 un peu supérieure à H^*.

3° Un dispositif convenable permet de déclencher en même temps un seul passage du balayage sur un oscillographe à trace permanente.

Le signal d'induction nucléaire ainsi obtenu correspond à un seul passage à la résonance. L'oscillogramme ci-dessus montre la figure obtenue pour la résonance des protons dans une solution décinormale de sulfate de nickel, la fréquence de résonance étant d'environ 3 Mc.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur les effets, pénétrants locaux, sous terre.* Note (*) de M. **Roland Maze**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les effets locaux pénétrants décelés par des compteurs non alignés en coïncidence et noyés individuellement dans du plomb, ont deux causes séparables.

Thouvenin ([1]) a montré que les coïncidences triples sont attribuables à des effets secondaires de mésons traversant directement deux compteurs, le troisième étant touché par les photons résiduels provenant de la multiplication en cascade des électrons de choc.

Ces photons ont un parcours maximum (25 g/cm^2 Pb) et leur présence est encore sensible à travers dix centimètres de plomb.

Les coïncidence quadruples entre compteurs disposés par exemple en carré et séparés par des cloisons d'au moins cinq centimètres sont dues à des effets divergents d'origine nucléaire, comme l'indiquent la variation de fréquence en altitude, l'absorption et l'accompagnement extérieur ([2]).

Étant donné le parcours moyen des nucléons producteurs dans la matière, on doit s'attendre à une disparition totale de leurs effets sous une épaisseur de terre suffisante.

Pour le vérifier, nous avons effectué des expériences au sol et dans un local situé à 30^{m} de profondeur, dans lequel on ne peut trouver que les mésons et leur produit secondaire.

Le dispositif utilisé se compose de huit compteurs disposés comme l'indique la figure ci-après; un sélecteur permet d'enregistrer et d'individualiser toutes les combinaisons de coïncidences au moins triples.

Entre autres, l'appareil enregistre :

a. des triples isolées du genre (1, 6, 8) dues par exemple au méson traversant (1, 8), le compteur 6 étant touché par un secondaire (knock-on) traversant le moins de matière; ces événements assez fréquents représentent 20 % du total au sol et 40 % en profondeur, ils sont classés à part et désignés par K O *proches*;

b. des triples et quadruples isolées et alignées horizontales dues à des mésons directs (20 % du total aux deux stations), événements bien plus fréquents que ceux relatifs à des combinaisons analogues non alignées (correction négligeable);

c. des triples isolées du genre (1, 2, 4) et plus étendues, attribuées à des secondaires énergiques de mésons et à des explosions nucléaires, leur somme est désignée par ΣN_3; la somme des événements au moins triples est $\Sigma \geq N_3$;

(*) Séance du 9 octobre 1950.

([1]) Diplôme d'études supérieures (*sous presse*).

([2]) R. Maze, *Journ. Phys.*, 2, 1950, p. 294.

d. le reste, c'est-à-dire les quadruples, quintuples, etc., est classé par ordre, et l'ensemble inscrit dans le tableau I.

TABLEAU I.

	Au sol	Sous terre	
Temps	65 heures.	188 heures.	739 heures.
ΣN_3	1277	526	éliminés
N_4	173	38	163
N_5	62	2	20
N_6	24	1	4
N_7	2	0	0
N_8	1	0	0

Fréquence horaire.

$\Sigma \geqq N_3$	$24 \pm 1,6$	$3 \pm 0,1$
$\geqq N_4$	$4 \pm 0,25$	$0,25 \pm 0,02$
$\geqq N_5$	$1,5 \pm 0,15$	$0,03 \pm 0,007$

Des vérifications ont montré que la contribution des gerbes d'Auger était négligeable, en particulier les particules pénétrantes étendues ont une prédominance verticale très marquée ([3]), cependant la manière dont les compteurs sont touchés ici ne dépend pas de leur alignement vertical (isotropie).

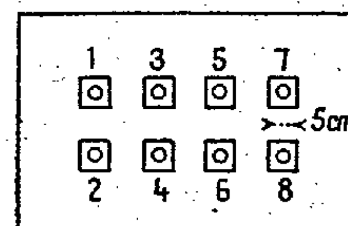
Nous avons expliqué dans une Note précédente ([4]) que du tableau des multiplicités, on pouvait déduire une loi de distribution comparable à celle qui gouverne l'amplitude des impulsions étudiées depuis longtemps avec les chambres d'ionisation (bursts).

Nos expériences montrent que sous terre, l'indice de variation du spectre est plus élevé, les fortes multiplicités sont plus rares, l'extension des phénomènes moins grande.

Dans le tableau II figure le facteur de réduction R des grandeurs spécifiées déduit du tableau I; celui des mésons ordinaires verticaux a été mesuré à l'aide d'un télescope.

TABLEAU II.

Mésons V	$10 \pm 0,05$	$\Sigma \geqq N_3$	8 ± 1
» H	$8 \pm 1,5$	$\geqq N_4$	16 ± 3
KO proches	$4 \pm 0,5$	$\geqq N_5$	50 ± 30



Ces résultats confirment d'abord l'augmentation relative sous terre des électrons de choc par rapport aux mésons, par suite du relèvement du spectre

([3]) R. MAZE, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 742.
([4]) CACHON, DAUDIN et MAZE, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 290.

d'énergie : ils montrent l'existence d'effets multiples pénétrants inexplicables par ces mêmes électrons, par exemple les doubles processus de choc peuvent être évalués et ne rendent pas compte de la fréquence des quadruples, de même les *chocs* simples impliquent une densité de photons invraisemblable si l'on veut que deux compteurs (dont le rendement est très faible) soient touchés.

Pour ces raisons, nous admettons l'existence d'une composante nucléaire secondaire des mésons ordinaires sous terre : la composante horizontale des mésons doit également s'expliquer par des chocs anormaux de mésons verticaux donnant naissance à des nucléons et de nouveaux mésons en plein accord avec E. R. George ([5]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la semi-réversibilité des systèmes mercaptans-disulfures.* Note (*) de MM. **Jean Maurin** et **René Pâris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'équation théorique d'oxydo-réduction du système mercaptan-disulfure, supposé réversible, peut s'écrire



$$2\,RSH \rightleftharpoons RSSR + 2\,H^+ + e^-.$$

C'est surtout l'équilibre cystéine-cystine et les systèmes apparentés qui ont fait jusqu'à présent l'objet de déterminations de potentiels par des méthodes électrométriques et colorimétriques. Les valeurs obtenues diffèrent entre elles et ne concordent pas avec les résultats du calcul à partir des données thermiques. L'étude critique de Remick ([1]) conclut à l'irréversibilité de tels systèmes mais, dans le cas de la cystéine facilement oxydable et conduisant à des potentiels stables et reproductibles, propose de considérer la réaction correspondante comme *semi-réversible*.

Rycklan et Schmidt ([2]) avaient, par contre, étudié par voie électrométrique l'oxydation de la cystéine, du thiophénol et de l'ortho-thiocrésol et leurs résultats les avaient conduits à admettre la réversibilité des systèmes et à indiquer des valeurs de potentiels normaux.

Dans le but de comparer l'oxydabilité des différents mercaptans, si possible par la détermination de leur potentiel d'oxydo-réduction, nous avons réalisé

([5]) *Nature*, **164**, n° **4176**, 1949, p. 838.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

([1]) *Electronic interpretations of organic Chemistry*, 2e éd. 1949, p. 558.

([2]) *Univ. Calif. Publ. Physiol.*, 8, 1944, p. 257.

trois types d'expérimentation [3] dont les résultats, très succinctement résumés, sont les suivants :

1° *La méthode classique des mélanges* consistant à suivre les variations de potentiel d'une électrode plongeant dans une solution contenant, en proportion variable, les formes oxydée et réduite n'a conduit à aucun résultat utilisable quels que soient les dispositifs expérimentaux employés. L'équilibre ne s'établit manifestement pas, même en attendant très longtemps ou en présence d'iodure de potassium signalé [2] comme catalyseur.

2° *La méthode d'oxydation par l'iode* dans laquelle le mercaptan est oxydé par l'iode en disulfure, oxydation que l'on suit par l'évolution du potentiel d'une électrode de platine ou d'or plongeant dans la solution, nous a conduits à l'observation de potentiels relativement stables, surtout lorsqu'on ajoute initialement à la solution de l'iodure de potassium. L'ensemble des résultats obtenus, à plusieurs températures et sous différents pH, nous permet de conclure ainsi : *a*. il n'a pas été observé de véritable potentiel d'équilibre mercaptan-disulfure; *b*. en oxydant les mercaptans par l'iode en présence de KI, on obtient des potentiels stables, mais qui dépendent de la seule concentration en RSH. Ces faits peuvent s'interpréter en admettant que la transformation $RSH \rightarrow RSSQ$ s'effectue beaucoup plus facilement que la transformation inverse (l'expérience le confirmant d'ailleurs). De tels systèmes sont à considérer comme semi-réversibles selon Remick et non comme réversibles.

3° *La méthode d'oxydation par les quinones*, reposant sur les mêmes principes que l'oxydation par l'iode, mais permettant de réaliser un ensemble de systèmes oxydants plus gradués par un choix approprié des quinones, a confirmé la classification des mercaptans en ce qui concerne leurs positions relatives dans l'échelle des potentiels d'oxydation.

D'après les résultats obtenus dans l'oxydation par l'iode et par les quinones entre les pH 2 et 7, les mercaptans que nous avons étudiés peuvent être classés ainsi par ordre de potentiels décroissants, c'est-à-dire de pouvoir réducteur croissant :

a. le mercaptobenzothiazole;
b. les mercaptans tertiaires (du butyl au dodécyl);
c. les mercaptans primaires (éthyl et butyl);
d. les mercaptans aromatiques (thiophénol et benzylmercaptan).

Les écarts de potentiel d'oxydation entre ces différentes catégories sont de l'ordre de : 0,1 V.

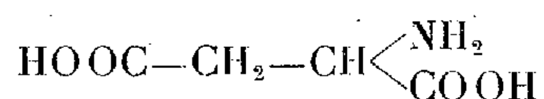
---

(3) Ces expériences ont été effectuées en milieu hydroalcoolique (80° GL.), ce qui nous a obligés à déterminer dans ce milieu les activités des ions H^+.

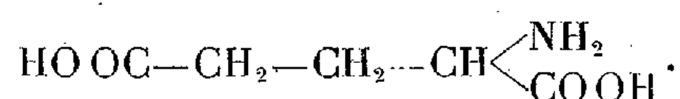
PHYSICOCHIMIE. — *Étude électrochimique des complexes de l'ion argent et d'acides aminés dicarboxyliques.* Note (*) de Mme **Suzanne Valladas-Dubois**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans l'étude des complexes d'argent des acides aminés, l'acide aspartique et l'acide glutamique se comportent comme la glycine : aux pH basiques, formation d'anions complexes, de stabilité voisine, correspondant à deux molécules d'acide aminé pour une de nitrate d'argent.

Après avoir étudié les complexes d'argent du glycocolle ([1]) et de la cystéine ([2]), il m'a paru intéressant d'aborder les complexes correspondants des acides monoaminés dicarboxyliques : l'acide aspartique



et l'acide glutamique



On sait que ces acides forment avec l'argent des sels acides et des sels neutres, isolés à l'état cristallisé ([3]) et que, d'autre part, les pH alcalins favorisent la formation de complexes entre l'ion argent et l'acide glutamique ([4]).

J'ai mis en évidence l'existence des complexes d'argent des acides aspartique et glutamique, en étudiant, pour chaque acide, les variations de l'activité des ions Ag^+ libres (a_{Ag}), en fonction du pH, suivant une méthode déjà utilisée ([1]). La courbe indiquant, dans les mêmes conditions, les variations de a_{Ag}, en fonction du pH, est sensiblement la même pour l'acide aspartique et l'acide glutamique, elle a l'allure de celle trouvée pour la glycine ([1]). On observe deux paliers : le premier indique une dissimulation maximum du métal aux pH basiques; le deuxième, aux pH acides, montre que tous les ions Ag^+ sont libres. On en déduit que les complexes d'argent de ces amino-acides n'existent qu'en milieu alcalin.

Ces complexes ont été ensuite identifiés par la méthode potentiométrique classique ([1]), en opérant à force ionique constante ($\mu = 4$). Les solutions ont été rendues alcalines avec de la soude (pH 11,05 à 11,6); dans ces conditions, les deux fonctions CO OH de chaque acide sont entièrement dissociées.

(*) Séance du 27 novembre 1950.

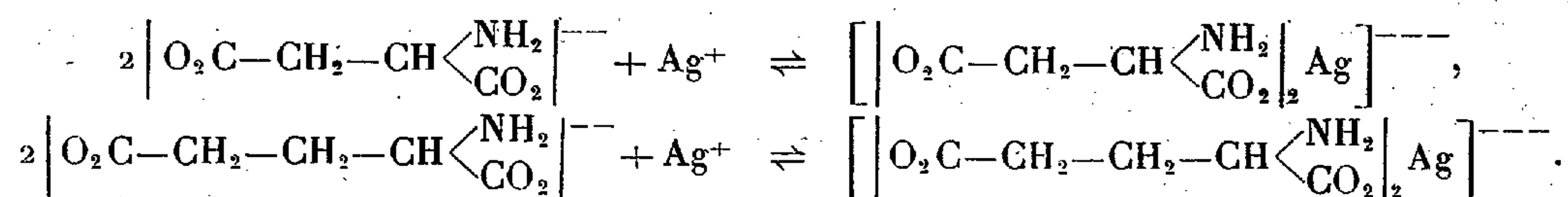
([1]) S. Valladas-Dubois, *Ann. Chim.*, 4, 1949, p. 548.

([2]) S. Valladas-Dubois, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 53.

([3]) Dessaignes, *Ann.*, 83, 1852, p. 83; Liebig, *Ann.*, 26, 1838, p. 125; Pasteur, *Ann. Chim.*, (3), 34, 1852, p. 41; Ritthausen, *J. prakt. Chem.*, (1), 99, 1866, p. 460; Habermann, *Ann.*, 179, 1875, p. 248.

([4]) Haarmann, *Biochem. Z.*, 309, 1941, p. 13.

Les complexes correspondent à deux molécules d'acide pour une de nitrate d'argent et se forment suivant les réactions :



La constante d'équilibre, correspondant à chacune de ces réactions, s'écrit, avec les notations habituelles :

$$K = (B - 2A)^2 \frac{a_{Ag}}{A} = \frac{a_{Ag}\, C^2_{\text{ac. aminé}}}{C_{Ag,2\ \text{ac. aminé}}}.$$

A la température de 22°, les résultats sont les suivants :

B.	N/5.	N/10.	N/20.	N/40.	N/100.
$\log K(a.a)$ [5]	$\bar{8},71$	$\bar{8},67$	$\bar{8},52$	$\bar{8},52$	$\bar{8},41$
$\log K(a.g)$	$\bar{7},04$	$\bar{8},95$	$\bar{7}$	$\bar{8},96$	$\bar{8},98$

De ces résultats, particulièrement concordants dans le cas de l'acide glutamique, on déduit les valeurs de K :

$$K_{22^\circ}(a.a) = 0,4.10^{-7},$$
$$K_{22^\circ}(a.g) = 10^{-7}.$$

En résumé, aux pH alcalins, l'acide aspartique et l'acide glutamique forment avec l'ion argent des anions complexes de stabilité voisine, correspondant à deux molécules d'acide aminé pour une de nitrate d'argent [6]. Ces complexes possèdent une formule analogue à celle du composé correspondant de glycine $|(NH_2CH_2CO_2)_2Ag|^-$, les constantes de dissociation étant de même ordre de grandeur.

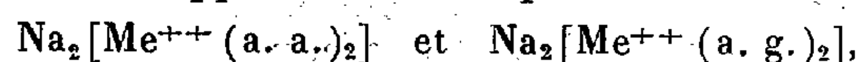
Dans la formation des complexes d'argent des acides aminés, on peut donc penser que le ou les groupes carboxyles interviennent peu en comparaison des groupes aminés. Il est d'ailleurs connu que les mono- et diacides dissimulent peu ou pas l'argent, tandis que les amines le complexent fortement.

On peut enfin noter que le complexe de l'acide aspartique est plus stable que celui de l'acide glutamique, son homologue supérieur, au contraire, dans la série des acides monoaminés monocarboxyliques, le complexe de glycine est moins stable que celui d'alanine, son homologue supérieur [7].

---

(5) Les abréviations a. a. et a. g. désignent respectivement l'acide aspartique et l'acide glutamique.

(6) Ces complexes sont à rapprocher des composés



$$Na_2[Me^{++}(a.a.)_2] \quad \text{et} \quad Na_2[Me^{++}(a.g.)_2],$$

où Me désigne un métal bivalent (Co, Zn, Cu, Ni); LIFSCHITZ et SCHOUTEDEN, *Rec. Trav. Chim. P.-B.*, 58, 1939, p. 411; PFEIFFER et WERNER, *Z. Physio. Chem.*, 246, 1937, p. 212.

(7) MAPARA et PATEL, *Kolloid. Z.*, 63, 1933, p. 291; KEEFER et REIBER, *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 689.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Comportement du trisulfure d'arsenic colloïdal et de l'amidon colloïdal dans le champ magnétique.* Note (*) de Mlle **Olga Tanaevsky**, présentée par M. Paul Pascal.

Faisant suite aux études déjà publiées sur le soufre (1), nous avons observé le même phénomène de l'augmentation en valeur absolue de la susceptibilité spécifique des colloïdes de l'amidon et de trisulfure d'arsenic avec la diminution de la taille des particules.

Comme pour l'étude des colloïdes du soufre, les colloïdes étudiés ont été ultrafiltrés sur une série de membranes de pores de diamètres décroissants (2) et les susceptibilités magnétiques de ces colloïdes ont été mesurées selon la technique habituelle (3). *Le trisulfure d'arsenic* colloïdal fut préparé selon la méthode de Schulze (4) : précipitation du S_3As_2 colloïdal par action de SH_2 sur des solutions aqueuses d'acide arsénieux. Pour augmenter la concentration des liqueurs, des additions alternatives d'anhydride arsénieux et d'hydrogène sulfuré furent faites. L'absence de fer a été vérifiée chaque fois avec une solution à 0,2 % d'αα-dipyridyl dans ClH à 0,2N.

Voici ce que nous avons observé pour les solutions colloïdales de S_3As_2 : ultrafiltration faite en reprenant le filtrat mesuré et en le passant sur la membrane suivante.

Diamètres des pores (mμ).	S_3As_2 colloïdal.	% de S_3As_2 dans les solutions.
3.660 (±20)	$-0,396.10^{-6}$	9,1
825 (±11)	−0,403	8,8
495 (± 6)	−0,400	7
395 (± 3)	−0,422	5,7
340 (± 7)	−0,440	4,2

Il fut impossible d'obtenir des particules plus petites.

L'amidon nous a intéressée, car ses particules colloïdales ont des tailles très différentes et nous avons pu faire des mesures sur des particules très petites. L'amidon utilisé est l'amidon de riz qui a été soumis à l'action de ClH dilué puis lavé pour enlever les matières minérales qui l'accompagnent; cette méthode enlève bien la silice et la chaux, mais il reste de l'acide phosphorique qui semble faire partie de la constitution de l'amidon (ce pourcentage d'acide phosphorique est trop faible pour influer sur nos mesures). Cet amidon purifié

(*) Séance du 27 novembre 1950.

(1) O. Tanaevski, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 541.

(2) Membranes ultrafiltrantes préparées au laboratoire de M. Grabar à l'Institut Pasteur.

(3) A. Pacault, *Ann. de Chimie*, 12, 1946, p. 527.

(4) *J. prakt. Chem.*, 2, 25, p. 431, 1881.

est séché à l'étuve (105°C) pendant plusieurs jours. Plus il est sec, mieux il se disperse dans l'eau chaude pour donner l'amidon colloïdal.

Voici nos observations sur des solutions qui, une fois mesurées magnétiquement ont été ultrafiltrées sur la membrane suivante.

Diamètres des pores (en mμ).	K amidon colloïdal.	% d'amidon dans les solutions.
3.660 (± 20)	$-0,490.10^{-6}$ $-0,492$	4, 6 –
825 (± 11)	$-0,490$	4, 5
466 (± 2)	$-0,524$	4, 3
340 (± 7)	$-0,538$	4
180 (± 3)	$-0,535$	3, 8
103 (± 1)	$-0,574$	3,75
12 (±0, 4)	$-0,578$	3, 7

Nous voyons que pour ces deux colloïdes étudiés la susceptibilité magnétique augmente en valeur absolue à mesure que diminue la grosseur des particules colloïdales.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Formation de l'acide cyanhydrique par action de l'oxyde d'azote sur le gaz naturel à la pression atmosphérique. I. Conditions générales de formation.* Note (*) de MM. **Marcel Patry** et **Georges Engel**, présentée par M. Paul Pascal.

On a étudié quantitativement la réaction entre l'oxyde azotique et le méthane par la méthode dite de courants gazeux dans un tube de quartz chauffé à haute température en fonction des paramètres suivants : durée de contact, température et composition du mélange initial.

Le système évolue selon la température vers la formation de CO et CO_2 suivant les deux réactions



$$4NO + CH_4 \rightleftharpoons CO_2 + 2H_2O + 2N_2$$

ou



$$6NO + 2CH_4 \rightleftharpoons 2CO + 4H_2O + 3N_2.$$

En réalité de nombreuses réactions secondaires prennent naissance, à haute température, à partir des corps initiaux, intermédiaires et finaux.

La faible vitesse de la réaction globale en absence de catalyseurs appropriés laisse subsister dans le mélange gazeux final des corps initiaux qui n'ont pas réagi, des produits formés par les réactions secondaires et des corps intermédiaires stables. On obtient des gaz éthyléniques, de l'ammoniac et surtout dans certaines conditions de fortes quantités d'acide cyanhydrique.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

On a examiné tout particulièrement les conditions de formation de ce dernier produit selon la réaction



$$NO + CH_4 \rightleftharpoons CNH + H_2O + \frac{1}{2} H_2.$$

1° L'influence de la température est très importante :

TABLEAU I (Temps de contact : 3 secondes).

	Mélange initial.			Gaz final après absorption CNH et NH_3.							Rendements par passage.	
T°C.	NO.	CH_4.	N_2.	NO.	CO_2.	C_2H_4.	CO.	H_2.	CH_4.	N_2.	% NO mis en jeu.	% NO transformé.
900.........	8	89,8	2,2	5	0,9	6,2	1,6	12,6	70,7	2,8	5,4	14,6
1000.........	8,8	88,2	3,0	4,8	0,8	2,8	2,0	17,9	68,0	3,7	14,6	37,6
1100.........	9,0	88,2	2,8	2	1,6	2,6	5,8	37,9	47,2	3,1	52,1	70,1
900.........	23,4	73,8	2,8	19	0,4	3	2,4	9,0	60,1	3,6	4,1	21,8
1000.........	25,8	71,3	2,9	16,7	0,9	2,0	2,4	15,0	57,9	5,1	8,5	27,1
1100.........	23,6	73,4	3	7,2	1,4	1,2	9,2	32,7	42,5	5,8	33,0	49,2

L'accroissement des rendements est particulièrement rapide entre 1 000 et 1 100°C, surtout quand le mélange initial contient peu d'oxyde azotique.

2° Les rendements diminuent avec l'enrichissement du mélange initial en oxyde azotique.

TABLEAU II (Temps de contact : 4,5 secondes).

	Mélange initial.			Gaz final après absorption CNH et NH_3.							Rendements par passage.	
T°C.	NO.	CH_4.	N_2	NO.	CO_2.	C_2H_4.	CO.	H_2.	CH_4.	N_2.	% NO mis en jeu.	% NO transformé.
1000.........	9,2	87,7	3,1	2	1,0	2,0	4,0	19,9	67,0	5,1	17,8	23,2
1000.........	25,4	71,7	2,9	14,0	2,3	1,8	4,9	15,8	54,7	6,5	11,5	25,6
1000.........	39,0	57,8	3,2	30,4	2,5	2,0	4,4	12,3	49,9	5,5	7,0	31,7
1100.........	9,4	87,8	2,8	1,4	1,1	2,0	5,0	46,6	41,6	2,6	63,0	77,5
1100.........	23,8	73,3	2,9	7,0	2,9	1,2	7,8	35,9	40,0	5,2	40,0	59,2
1100.........	38,2	58,8	3,0	19,0	2,3	1,0	9,2	27,1	35,4	6,0	26,0	54,4

3° L'influence du temps de contact est faible à 1000°C. A partir de 4,5 secondes le rendement reste constant. A 1100°C l'accroissement du rendement est important, mais devient moins marqué à partir de la même durée de contact (4,5 secondes) que précédemment, surtout pour les mélanges initiaux à faible teneur en oxyde azotique.

Dans certaines conditions l'acide cyanhydrique constitue donc le produit principal de la réaction. Les conditions expérimentales les meilleures sont celles où se produit également le cracking du méthane. Le dépôt de carbone altère l'état des surfaces chaudes et gêne l'observation des phénoménes. On a tenté de supprimer cet inconvénient par addition de la vapeur d'eau, de

l'hydrogène ou de l'oxygène au mélange initial. Les résultats seront exposés dans une Note ultérieure.

TABLEAU III.

Temps de contact (sec).	T °C.	Mélange initial.			Gaz final après absorption CNH et NH_3.							Rendements par passage.	
		NO.	CH_4.	N_2.	NO.	CO_2.	C_2H_4.	CO.	H_2.	CH_4.	N_2.	% NO mis en jeu.	% NO transformé.
1,3....	1100	25,0	72,2	2,8	12,0	2,3	1,8	5,6	17,9	49,3	5,1	23,4	45,4
4,5....	1100	23,8	73,3	2,9	7,0	2,9	1,2	7,8	35,9	40,0	5,2	40,0	59,2
10,2....	1100	26,2	70,6	3,2	0,6	1,3	0,5	13,3	45,4	30,9	8,0	45,7	46,9
1,3....	1000	8,2	89,3	2,5	5,8	1,1	3,8	2,0	12,2	72,3	2,8	11,9	47,6
4,5....	1000	9,2	87,7	3,1	2,0	1,0	2,0	4,0	19,9	67,0	5,1	17,8	23,2
10,2....	1000	9,2	87,8	3	0,4	1,5	1,2	4,2	20,6	66,7	5,4	17,3	18,1

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage colorimétrique du calcium en présence de quantités quelconques de magnésium à l'aide de la murexide.* Note de Mlle **Hélène Ostertag** et M. **Émile Rinck**, présentée par M. Louis Hackspill.

Le changement de coloration d'une solution de murexide par addition de faibles quantités de Ca^{++} est mis à profit pour le dosage colorimétrique du calcium. Pour des rapports de Mg/Ca croissants la sensibilité de la réaction diminue légèrement mais en tendant vers une limite à partir de laquelle une augmentation du rapport Mg/Ca reste sans effet.

La solution aqueuse de murexide, sel d'ammonium de l'acide purpurique, possède une belle teinte violette qui vire au jaune rouge par l'addition d'une faible quantité d'ions Ca^{++}. Ce changement de teinte, dû à la formation du purpurate de calcium, avait déjà été signalé par Beilstein en 1858 (1) et a fait récemment l'objet d'une publication de Schwarzenbach et Gysling (2), qui ont étudié au spectrophotomètre la réaction entre le calcium et la murexide en fonction du pH et de la concentration des ions Ca^{++}. Il résulte de leur travail que le changement de teinte se fait de façon analogue au virage d'un indicateur acide-base, permettant de considérer la murexide comme un véritable indicateur des ions Ca^{++}.

Bien avant d'avoir eu connaissance du travail des auteurs suisses, l'un de nous avait eu l'idée d'utiliser le purpurate d'ammonium pour le dosage du calcium, seule l'impossibilité de nous procurer le colorant avait empêché jusqu'à présent sa vérification expérimentale.

Nous avons essayé de mettre au point un dosage colorimétrique pratique du calcium, en étudiant successivement la sensibilité de la réaction colorée aux

(1) *Annalen*, **107**, 1858, p. 176.
(2) *Helv. Chim. Acta*, **32**, 1949, p. 1314.

différentes concentrations de Ca^{++}, l'influence du pH et enfin celle des ions gênants, en premier lieu celle de Mg^{++}.

En vue d'obtenir des effets maxima, nous nous sommes servis d'une solution saturée de murexide dans l'eau, où ce colorant est soluble à raison de 270 mg/l environ. La solution de pH 7 devient limpide après un repos de 24 heures, elle se conserve sans altération pendant une dizaine de jours.

Nous avons comparé au colorimètre photoélectrique, en lumière jaune entre 500 et $550^{m\mu}$, des solutions de murexide contenant des quantités variables de Ca^{++}, de Mg^{++} et de différents anions à une solution de même composition, mais exempte de calcium.

Résultats. — *Influence du* pH. — En accord avec Schwarzenbach et Gysling nous avons vérifié qu'un pH croissant augmentait la sensibilité du virage, tout en diminuant la stabilité des teintes. Dans ces conditions nous avons toujours opéré à des pH inférieurs à 7, de préférence égal à 6, où les teintes se conservent sans modification pendant plusieurs jours.

Influence des anions. — Nos essais ont porté sur les anions Cl^-, SO_4^{--}, NO_3^-, $CH_3CO_2^-$, introduits sous forme de sels de calcium et de magnésium dans la solution de murexide. Leur influence est faible, toutefois la sensibilité de la réaction est maximum pour les ions NO_3^-, minimum pour SO_4^{--}. En conséquence nous avons toujours utilisé des nitrates.

Influence des ions Mg^{++}. — En ajoutant à une solution saturée de murexide des quantités croissantes de $(NO_3)_2Mg$, on observe pour des concentrations élevées un léger changement de teinte du violet vers le rouge cerise. Pour étudier son influence sur la réaction de la murexide avec le calcium, nous avons mesuré au colorimètre des solutions de Ca^{++}, contenant des quantités croissantes de M^{++}. Les courbes obtenues montrent que la sensibilité de la réaction colorimétrique du calcium diminue environ d'un tiers en tendant vers une limite au delà de laquelle une augmentation ultérieure de la concentration de magnésium reste sans effet. A pH 6, cette limite est atteinte pour un rapport pondéral $Mg/Ca = 40$. Il en résulte que le dosage colorimétrique du calcium est toujours possible quelle que soit la quantité de magnésium présente et qu'on se libère entièrement de son interférence en additionnant au préalable les solutions à doser d'une quantité suffisante de nitrate de magnésium.

Sensibilité. — En opérant avec des cuvettes de 10^{cm^3}, il est possible de doser avec une précision de l'ordre de 1 % des quantités de calcium comprises entre 1/10 et 10^{mg}, contenues en 13^{cm^3} du mélange : colorant (10^{cm^3}) et solution (3^{cm^3}).

L'influence des cations autres que Mg^{++} fera l'objet d'une publication ultérieure dans laquelle sera indiqué également le mode opératoire.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur les facteurs qui interviennent dans les réactions d'additions. Cas de l'addition sur une liaison.* Note (*) de MM. **Odilon Chalvet** et **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dès 1945, R. Daudel et A. Pullman (1) (2) ont admis que l'addition d'une molécule sur une liaison est facilitée par la présence sur celle-ci d'un grand indice de liaison et de deux grands indices de valence libre. Moffit (3) a contesté le rôle de l'indice de liaison. Mais, depuis, plusieurs auteurs ont montré par diverses méthodes son indiscutable importance (4). Nous nous proposons d'apporter ici un nouvel argument allant dans ce sens.

La démonstration de l'intervention de l'indice de liaison avait d'abord été donnée dans le cas d'un mécanisme à un temps (2). Dans le cas d'un mécanisme à deux temps on a montré (4) qu'il intervient à la fois pour augmenter la valence libre qui apparaît sur l'atome qui doit réagir lors du deuxième temps et pour conduire à un produit plus stable.

Ce dernier point n'était pas clairement démontré. Soit donc δE la diminution de l'énergie d'échange des électrons π de la molécule conjuguée lors de l'addition. Plus faible sera cette énergie et plus stable sera le produit formé. Dans le cas des molécules hydrocarbonées et purement conjuguées, le calcul de δE peut se faire (4) selon l'approximation V. D. Si l'on choisit pour calculer les indices de valence libre des constantes différentes selon le type des atomes d'après la suggestion de Moffit (3), on observe (*figure*) une relation monotone, univoque et décroissante entre δE et S, somme de l'indice I de la liaison sur laquelle a lieu l'addition et des deux indices de valence libre J et J′ des atomes constituant la liaison

$$S = I + J + J'.$$

La stabilité du produit formé sera donc d'autant plus grande que la somme des indices de valence libre considérés et de l'indice de la liaison sera forte.

Remarquons encore que δE coïncide avec *l'énergie promotionnelle* de Maccoll (5). Dans le processus imaginé par Maccoll, valable selon lui dans le cas des additions catalytiques, plus cette énergie est faible et plus l'addition est facile.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

(1) *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 201.

(2) P. Daudel et coll., *Rev. Sc.*, 84, 1946, p. 489.

(3) *Trans. Faraday Soc.*, 45, 1949, p. 373.

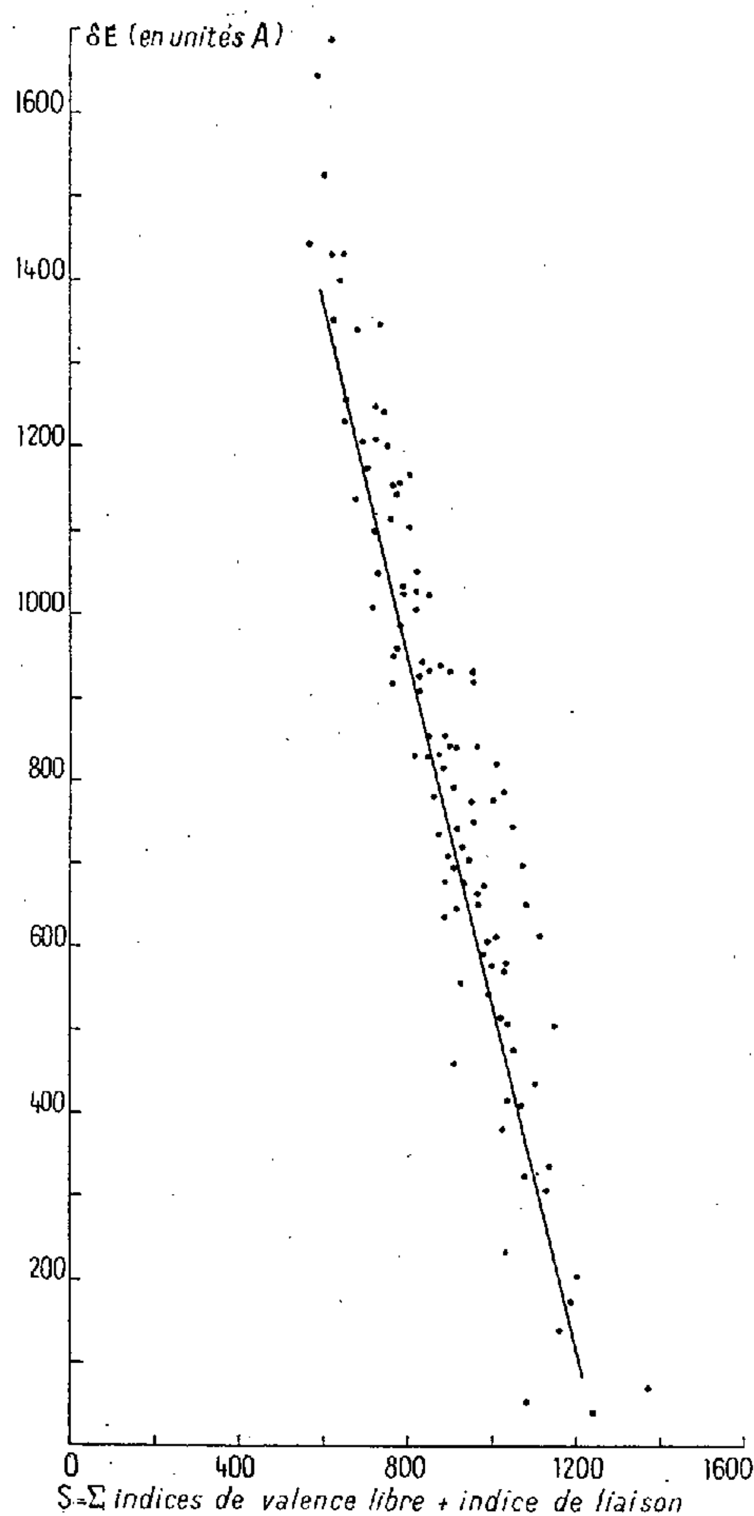
(4) R. Daudel, Sandorfy, Vroelant, Yvan et Chalvet, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 66; Badger, *Nature*, 165, 1950, p. 647; Coulson, *J. chem. Soc.*, 1950, p. 2252; R. Daudel, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 908.

(5) *Nature*, 163, 1949, p. 138.

Dans le processus de Maccoll l'aptitude à l'addition dépend donc directement de la somme S.

En résumé : 1° Dans le processus à un temps ([2]) ou le processus de Maccoll ([5]), l'aptitude à l'addition croît directement avec S.

2° Dans le processus à deux temps ([4]), intervient d'abord isolément l'une des valences libres, soit J. Au second temps I et J'; puis enfin S qui détermine la stabilité des produits finaux.



Dans tous ces cas, I, J et J' interviennent donc, soit simultanément, soit successivement. Il n'y a que dans le cas des additions se faisant par l'intermédiaire d'électrons ([6]) que l'intervention de ces grandeurs n'est pas démontrée.

Remarque. — Soient μ et μ' les types des deux atomes de la liaison d'indice I, on a

$$J = 1 + 0,33(\mu - 1) - I - \Sigma I_1,$$
$$J' = 1 + 0,33(\mu' - 1) - I - \Sigma I_2,$$

([6]) Maccoll, *Nature*, 163, 1949, p. 178.

ΣI_1, somme des indices des liaisons adjacentes à la liaison d'indice I du côté de l'atome d'indice J;

ΣI_2, même grandeur du côté de l'atome d'indice J'.

On en tire

$$S = 2 - I - \Sigma(I' - 0,33).$$

En tenant compte de la définition des indices de Penney,

$$I = \frac{2n+1}{3} \qquad [n = \text{indice d'échange } (^7)],$$

on en tire

$$S = 2,33 - \frac{2}{3}(n + \Sigma n').$$

S varie donc linéairement comme l'opposé de la somme de l'indice d'échange de la liaison d'indice I et des indices d'échange des liaisons adjacentes.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Sur la nature du groupement hétérocyclique des homologues méthylés de la pyridine.* Note (*) de M. **Jean Ploquin**, présentée par M. Paul Pascal.

Les résultats expérimentaux [1] relatifs à la structure des homologues méthylés de la pyridine, montrent qu'on peut classer ceux-ci en trois groupes :

1. Ceux (β picoline) pour lesquels on ne relève aucune anomalie de propriétés, donc de structure par rapport à la pyridine elle-même.

2. Ceux (α ou γ picoline) qui ont des propriétés chimiques très particulières, mais aucune anomalie des propriétés physiques.

3. Ceux enfin (2.4.5-collidine) pour lesquels propriétés physiques et chimiques indiquent d'importantes perturbations structurales.

Pour les groupes 2 et 3 il faut donc admettre une structure particulière de l'hétérocycle. L'idée la plus simple est de reprendre l'hypothèse de Mills et Smith [4] d'une tautomérie ammonocétoénolique et de chercher à l'adapter aux exigences expérimentales et théoriques. Or l'étude des spectres infrarouges [2] et le dosage des H mobiles [3] suggèrent l'existence de la forme imine uniquement pour les molécules du groupe 3. Mais le groupe NH n'y peut pas être retrouvé par ses caractères analytiques classiques.

Pour les bases pyridiques du groupe 2, il n'y a aucune preuve directe

---

(7) Daudel, Jacques, Jean, Sandorfy et Vroelant, *Chim. Phys.*, **46**, 1949, p. 191.

(*) Séance du 27 novembre 1950.

(1) Ploquin, *Thèse*, Paris, 1950.

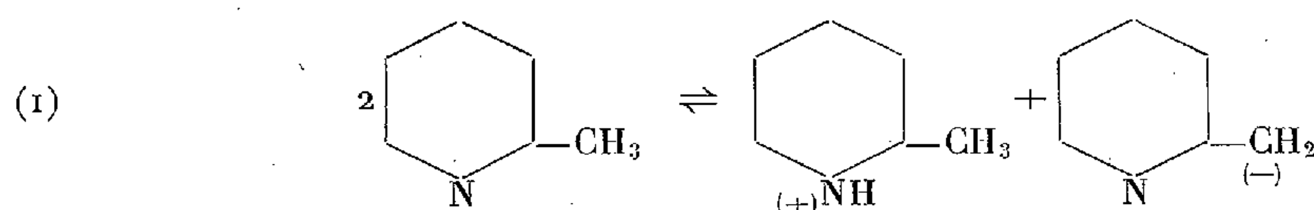
(2) Ploquin et A.-M. Vergnoux, *Bull. Soc. Chim.* (à paraître en 1950).

(3) Ploquin, *Bull. Soc. Chim.*, 1950, p. 835.

(4) *J. Chem. Soc.*, **121**, p. 1922, 2724.

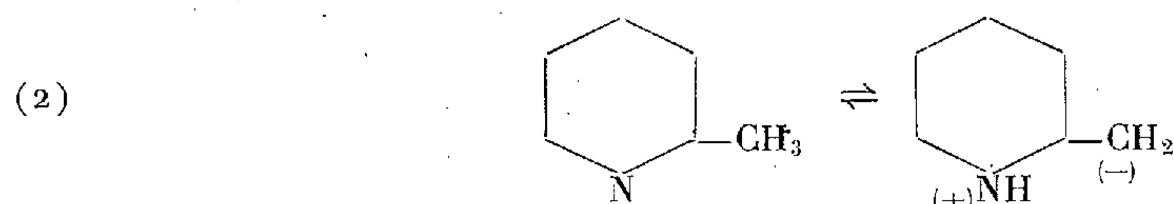
(I. R. par exemple) de l'existence de la forme en NH. Cependant on l'invoque pour expliquer les condensations du CH_3 avec les aldéhydes par exemple. Or le mécanisme d'une telle réaction fait intervenir le détachement d'un proton du CH_3;

(1)



Il apparaît alors que l'ensemble de ces propriétés est explicable d'une façon unique : dans les groupes 2 et 3, les méthyles ont tendance à libérer un proton H^+. Celui-ci, en l'absence d'autres réactifs, est attiré par l'azote hétérocyclique qui le fixe par son doublet libre, soit suivant une réaction du type (1) soit suivant une réaction du type (2).

(2)



Cette liaison ne se distingue plus alors d'une covalence NH ordinaire, ce qui explique la présence de la bande NH dans certains spectres I. R. Mais, l'azote n'ayant plus, sous cette forme, de doublet libre, on ne pourra pas trouver le groupe NH par les réactions qui utilisent précisément ce doublet de l'azote.

On peut rapporter ces différences à l'influence des substitutions sur l'énergie de résonance de ces molécules sous leur forme pyridinique pure. La théorie simple que j'ai développée antérieurement ([5]) permet de chiffrer ces perturbations d'une façon absolument parallèle à la classification admise précédemment :

Composés.	$\frac{\Delta W}{\beta}$.	Groupe.
Pyridine	1,15	1
3-Monométhylpyridine	0,885	1
2- »	0,843	Transition
4- »	0,843	Transition
2.6-Diméthylpyridine	0,686	2
2.5- »	0,686	2
2.4- »	0,686	2
2.3- »	0,480	Transition
2.3.6-Triméthylpyridine	0,323	3
2.4.6- »	0,529	3
2.4.5- »	0,323	3

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 640.

On voit que la forme pyridine pure est de moins en moins stable quand on passe du groupe 1 au groupe 3; que, parmi les collidines, la 2.4.6-triméthylpyridine est la plus stable, ce que l'on doit rapporter, comme je l'ai déjà indiqué ([2]), ([3]), à la symétrie de la forme pyridine pure alors que la forme imine n'est pas symétrique. On constate de plus que la bande NH dans les spectres I. R. et l'acidité des CH_3 n'apparaissent que lorsque le supplément d'énergie de résonance est inférieur à $0^{\beta},5$ et qu'ensuite l'intensité des phénomènes observés varie comme cette théorie le laisse présumer.

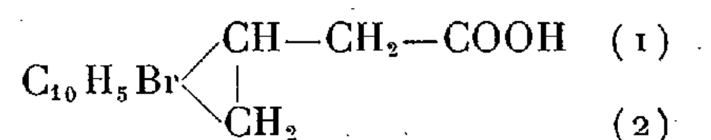
La nature du groupement hétérocyclique des homologues méthylés de la pyridine doit donc être considérée comme variable dans la série. Dans le groupe 1 il s'agit seulement de l'hétéroatome (N) pyridinique; dans le groupe 2 et surtout le groupe 3 on peut se le représenter par une superposition de l'azote pyridinique et d'un groupement NH sans doublet électronique libre sur l'azote.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série de l'acénaphtène.* Note (*) de MM. **Grégoire Kalopissis** et **Henry Gault**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les recherches qui font l'objet de cette communication ont trait à la synthèse et à l'examen physiologique de divers acides du groupe de l'acénaphtène, ainsi qu'à la préparation de dérivés bromés dans le noyau, de quelques-uns de ses dérivés oxygénés.

I. Acides acénaphténiques. — 1. *Synthèse.* — Il nous a paru intéressant, en nous basant sur l'activité physiologique, et en particulier phytohormonale, que présentent les acides naphtalène- et naphtoxy-acétiques, ainsi que l'acide acénaphtène-5 acétique ([1]), ([2]), seul acide de la série acénaphténique étudié jusqu'à présent, à notre connaissance, de préparer et d'étudier quelques autres acides acénaphténiques, en fait les acides suivants : bromo-5 acénaphtène-1 acétique, bromo-5 acénaphtène-1 propionique et acénaphtoxy-5 acétique.

a. Acide bromo-5 acénaphtène-1 acétique



Cet acide a été préparé de la façon suivante :

La condensation du dibromo-1.5 acénaphtène ([3]) avec le malonate d'éthyle, conduit à l'ester bromo-5 acénaphtène-1 malonique, puis, par saponification, à l'acide correspondant (cristaux blancs; F 210°, Rdt 95 %).

(*) Séance du 13 novembre 1950.

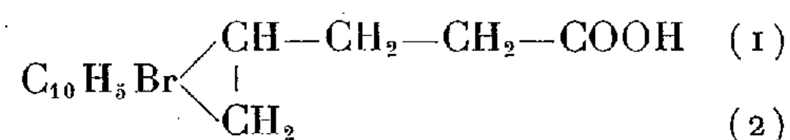
([1]) Ziemerman et Wilcoxon, *Contr. Boyce-Thompson Inst.*, 7, 1935, p. 209.

([2]) Hoepfli, Kenneth, Thimann et Went, *J. Biol. Chem.*, 122, 1937-1938, p. 763.

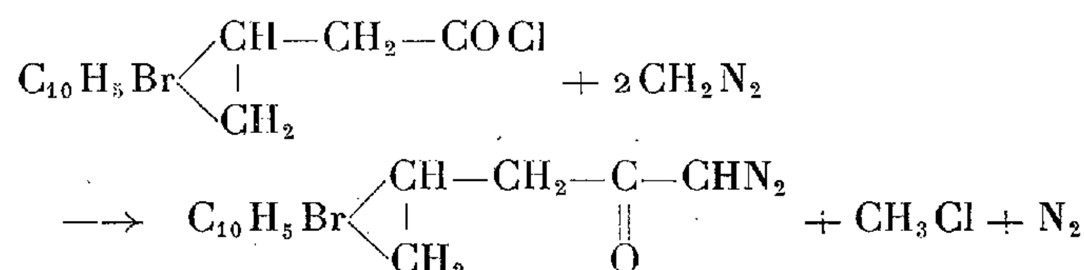
([3]) H. Gault et G. Kalopissis, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 624.

Cet acide est ensuite décarboxylé, par chauffage vers 180°, en acide bromo-5 acénaphtène-1 acétique (aiguilles, F 158-159°; Rdt 91 %; amide, F 160).

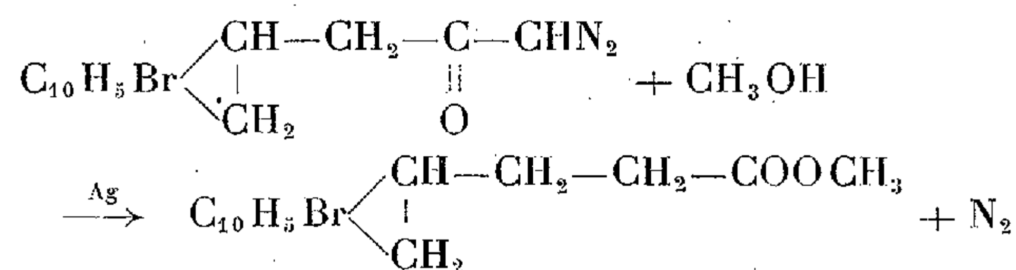
b. Acide bromo-5 acénaphtène-1 propionique



Nous avons tout d'abord préparé le chlorure correspondant à l'acide bromo-5 acénaphtène-1 acétique par action, sur cet acide, du chlorure de thionyle. Sur ce chlorure, nous avons fait agir le diazométhane et obtenu ainsi la diazocétone correspondante (aiguilles blanches, F 100°)

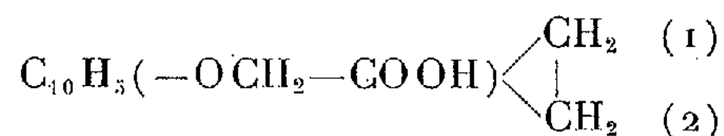


qui, par action de l'oxyde d'argent en présence d'alcool méthylique, a conduit à l'ester de l'acide propionique correspondant



Sans l'isoler et par saponification du produit brut, nous avons obtenu l'acide bromo-5 acénaphtène-1 propionique (F 153-154°), avec des rendements de 65-70 % par rapport à l'acide bromo-5 acénaphtène-1 acétique utilisé.

c. Acide acénaphtoxy-5 acétique



Cet acide a été préparé par condensation du dérivé sodé de l'acénaphténol-5 avec le monobromacétate d'éthyle et hydrolyse de l'acénaphtoxy-5 acétate d'éthyle ainsi obtenu. L'acénaphténol-5 utilisé a été préparé par hydrolyse de l'amino-5 acénaphtène en présence d'acides minéraux sous pression ([4]).

L'acide se présente sous forme de paillettes brillantes, fondant à 195°.

2. *Résultats de l'expérimentation physiologique.* — Les acides bromo-5 acénaphtène-1 acétique, acénaphtoxy-5 acétique ainsi que l'acide acénaphtène-1 acétique, antérieurement préparé par Bachman et Sheehan ([5]), mais

([4]) *I. G.*, D. R. P. 517 264.

([5]) *J. Am. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 204.

non expérimenté, ont été soumis à l'examen physiologique afin d'étudier leur comportement comme phytohormones.

De l'ensemble de cette étude, il ressort que l'acide bromo-5 acénaphtène-1 acétique est actif et se comporte comme un excitateur de la germination à des dilutions faibles (de l'ordre de 1 à 4 pour 100 000). Dès 5 pour 100 000, il est inhibiteur. Au delà de 20 pour 100 000, il est toxique et arrête, puis empêche la germination.

Mais, en aucun cas, ce produit n'a provoqué, dans les traitements de plantules, l'apparition de syndrôme morphologique (épinastie). Les acides acénaphtène-1 acétique et acénaphtoxy-5 acétique possèdent, mais à un degré bien moindre, les mêmes propriétés que l'acide bromo-5 acénaphtène-1 acétique.

II. Dérivés bromés. — La série des composés suivants de l'acénaphtène : acétate de l'acénaphténol-1, acénaphténol-1 et acénaphténone, a été complétée par la préparation des dérivés correspondants bromés dans le noyau en position 5. Par condensation du dibromo-1.5 acénaphtène avec l'acétate de sodium, nous avons obtenu l'acétate de bromo-5 acénaphténol-1 (liquide jaune, $É_{2-3}$ 180-181°) qui, par saponification, a conduit au bromo-5 acénaphténol-1 (aiguilles blanches F 158°).

Le bromo-5 acénaphténol-1 est ensuite oxydé par l'anhydride chromique en bromo-5 acénaphténone. Ce corps a déjà été préparé par cyclisation du chlorure de l'acide naphtalène-1 acétique [6].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Extension de la méthode de préparation des alcools primaires γ-éthyléniques : l'Octadiène-4.7 ol-1*. Note (*) de

M. **Olivier Riobé**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action du sodium sur les allyl-2 chloro-3 tétrahydropyrannes *cis* et *trans*, permet de préparer l'octadiène-4.7 ol-1. Le rendement est inférieur à celui obtenu dans la préparation de l'octène-4 ol-1 à partir du dérivé propylique. L'octadiénol permet de passer à l'octatriène symétrique 1.4.7 par simple pyrogénation de son ester acétique.

Nous avons montré [1] que, sous l'action du sodium pulvérisé, les dérivés de la forme $R{-}CH{-}CHCl{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2$ (les deux CH extrêmes reliés par —O—), dans lesquels R est un radical saturé, conduisent avec un très bon rendement (90 %) aux alcools primaires γ-éthyléniques $R{-}CH{=}CH{-}CH_2{-}CH_2{-}CH_2OH$. Depuis,

(6) Mayer et Sieglitz, *Ber.*, 55, 1922, p. 1835.

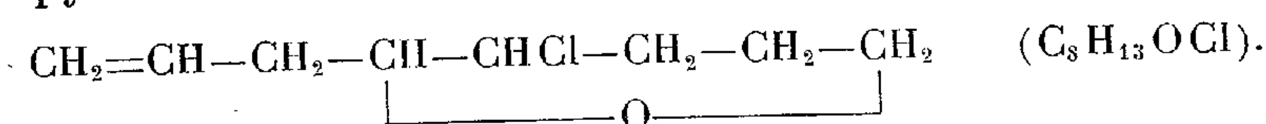
(*) Séance du 27 novembre 1950.

(1) O. Riobé, *Annales Chimie*, 4, 1949, p. 593.

Crombie et Harper [2] ont démontré la structure trans-géométrique de ces alcools.

Nous avons étudié dans les mêmes conditions l'action du sodium sur les dérivés tétrahydropyranniques, dans lesquels R est un radical non saturé du type allylique. Le terme le plus simple de cette série a été préparé.

Le chlorure d'allyl-magnésium, $CH_2=CH-CH_2MgCl$, obtenu par la technique de Gilman et Glumphy [3], réagit assez facilement sur le dichloro-tétrahydropyranne, fraîchement préparé dans l'éther anhydre. La distillation des produits de condensation séchés sur SO_4Na_2 permet de constater, à côté de quantités assez notables (15 %) d'époxy-1.5 chloro-2 pentène-1 [4] ($É_{11}$ 38°), la présence des deux isomères *cis* et *trans* des allyl-2 chloro-3 tétrahydropyrannes.



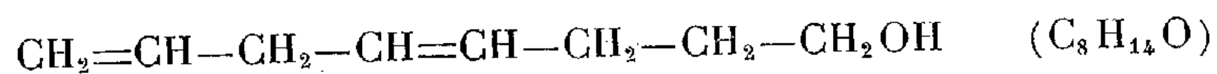
L'isomère *trans* domine nettement (40 % du rendement total); par contre, l'isomère *cis* est en faible proportion (10 %).

Il nous a paru intéressant de comparer les constantes physiques de ces isomères avec celles déjà décrites à propos des radicaux saturés [1] :

R.	Isomère.	$É_{11}$ (°C).	D_4^{11}.	N_D^{11}.	Rdt (%).
Allyl.............	*cis*	84	1,048	1,4826	10
Propyl...........	*cis*	90	1,044	1,4698	20
Allyl.............	*trans*	71	1,040	1,4755	40
Propyl...........	*trans*	76	1,023	1,4617	40

L'influence de la double liaison se fait nettement sentir sur la densité et l'indice de réfraction, beaucoup plus élevés dans les composés éthyléniques.

En soumettant à l'action du sodium finement pulvérisé l'un et l'autre ou le mélange des deux isomères allyliques, on isole aisément, avec un rendement de 80 % l'octadiène-4.7 ol-1



contenant dans les têtes de distillation des impuretés diéthyléniques conjuguées qui se polymérisent à l'air en une masse visqueuse et transparente. Les queues de distillat, polymérisables moins facilement, contiennent peut-être l'octadiène-4.6 ol-1 ($É_{14}$ 101-102°) isolé par Fischer et Otto Wiedemann [5] en soumettant l'acide sorbinylidène-pyruvique à l'hydrogénation biochimique.

---

(2) *Jour. Chem. Soc.*, juillet 1950, p. 1707.

(3) *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1928, p. 1322.

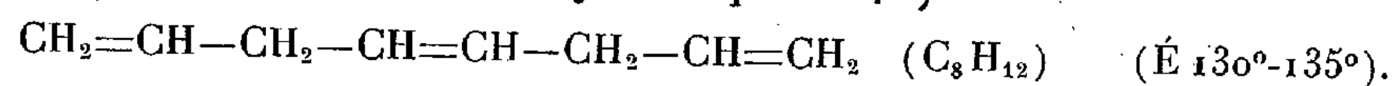
(4) R. Paul, *Comptes rendus*, 218, 1944, p. 122.

(5) *Lieb. Ann. Chem.*, 513, 1934, p. 260.

La comparaison des constantes de l'octadiénol et de l'octénol accuse encore pour le premier une exaltation de la densité et de l'indice de réfraction.

	$É_{12}$(°C).	D_4^{11}.	N_D^{11}.	Rdt (%).
Octadiénol	90	0,874	1,4665	80
Octénol	88	0,851	1,4501	92

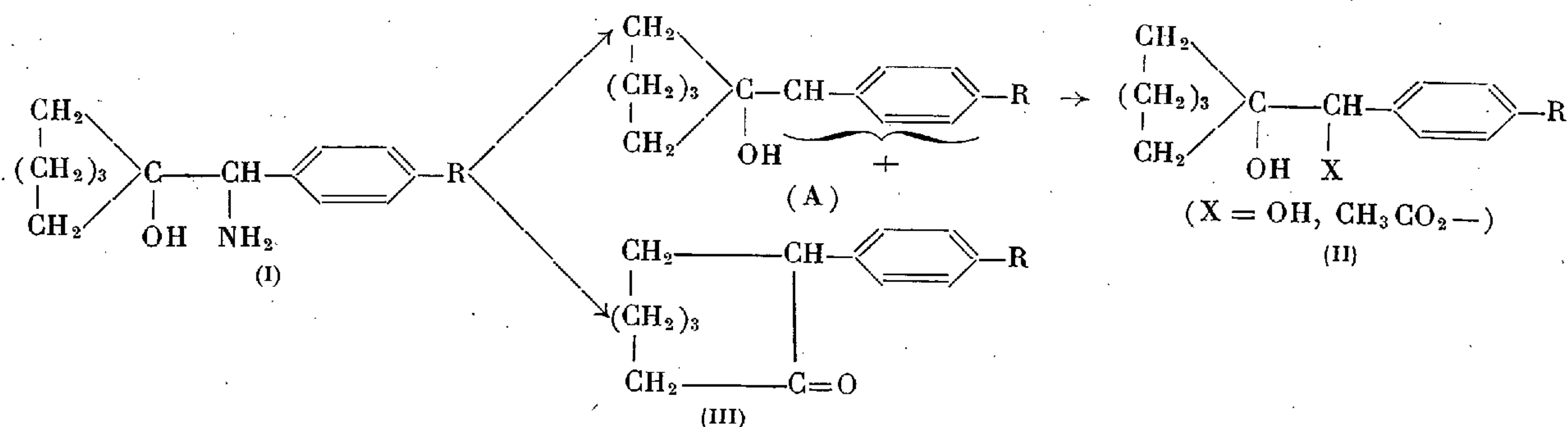
L'odeur de l'octadiénol rappelle celle de l'octénol, mais avec une note moins fine et moins agréable. L'allophanate ($C_{10}H_{18}O_3N_2$) fond à 153° (N % 13,90). L'ester acétique ($C_{10}H_{16}O_2$), formé par action de l'anhydride acétique sur l'octadiénol, distille à 94° sous 13^{mm} (D_4^{12} 0,912; N_D^{12} 1,4508; CH_3CO % 25,80). Cet ester, pyrogéné à 550° dans un courant d'azote sec, donne avec un médiocre rendement (20 %), l'octatriène symétrique 1.4.7


$CH_2=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH_2$ (C_8H_{12}) (É 130°-135°).

L'hexabromure du triène est un solide incolore (F 120°).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude de la stabilité des ions carbonium en fonction de leur structure. I. Désamination nitreuse des amino-alcools cyclaniques* ⬡C(OH)—CH(NH₂)—Ar *avec formation des glycols correspondants.* Note (*) de Mme **Irène Elphimoff-Felkin** et Mlle **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Marcel Delépine.

Il a été montré par l'une de nous que la désamination nitreuse des aminométhyl-1 cycloalcanols-1, effectuée en milieu hydro-acétique dilué, est toujours accompagnée d'une extension de cycle conduisant à une cycloalcanone et que la formation, dans ces conditions, de glycol non transposé ou d'ester monoacétique correspondant est minime [1].



La présente étude a montré qu'il n'en est pas de même lorsqu'on effectue la même réaction, dans des conditions identiques sur les amino-alcools du type (I)

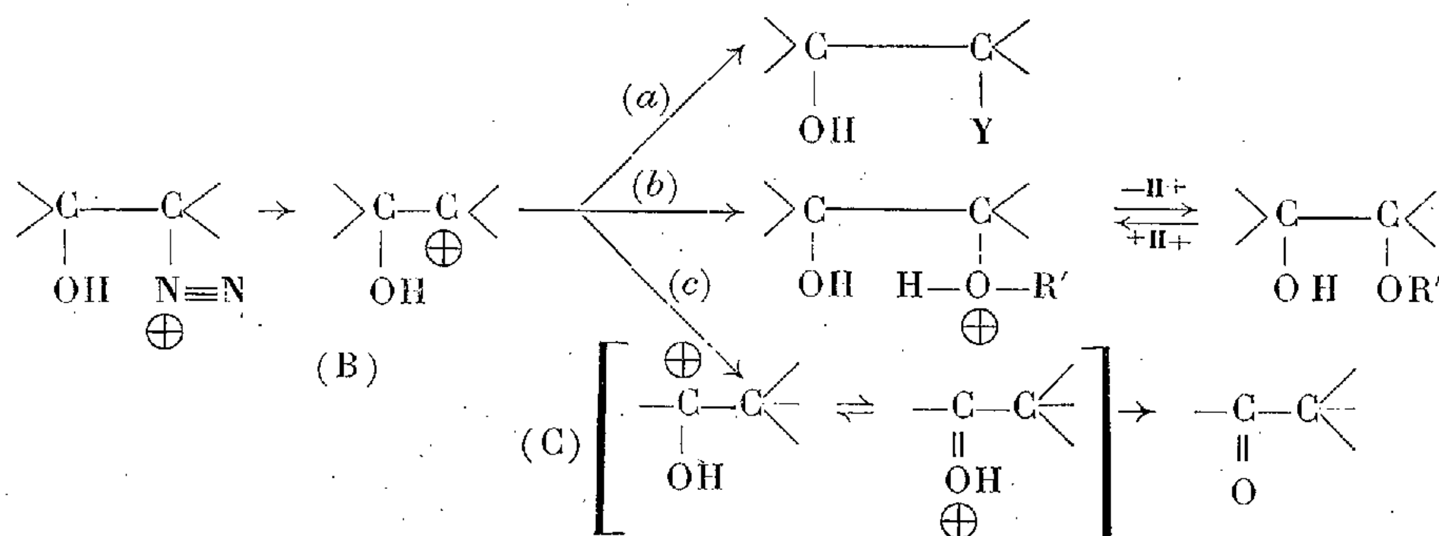
(*) Séance du 27 novembre 1950.

(1) Mlle B. Tchoubar, *Bul. Soc. Chim. France*, 15, 1949, p. 164.

(pour R = H, CH_3, OCH_3). En effet, dans ce cas, la désamination nitreuse ne provoque pas de transpiration intramoléculaire, et par conséquent, n'aboutit pas à la formation des aryl-2 cycloheptanones (III), mais conduit uniquement aux glycols (II) accompagnés de faibles quantités d'esters monoacétiques correspondants.

Si l'on examine ces faits à la lumière des connaissances actuelles sur la nature des liaisons chimiques et sur les processus réactionnels ([2]) ([3]), et si l'on admet que la désamination nitreuse s'effectue indépendamment de la structure de l'amino-alcool, suivant un mécanisme qui comporte la formation intermédiaire d'un ion carbonium, on arrive aux conclusions suivantes :

La décomposition en milieu acide hydraté d'un sel de diazonium, résultant de l'action de l'acide nitreux sur un α-amino-alcool, est assimilable (comme le schéma ci-dessous l'indique) à une réaction de substitution monomoléculaire s'effectuant, suivant les cas, avec ou sans transposition.



Lorsque la désamination se fait sans transposition, l'ion carbonium B se combine soit avec un ion négatif y^- (mécanisme *a*), soit avec une molécule neutre comportant des doublets libres (mécanisme *b*). Dans le cas où la désamination est accompagnée d'une transposition (mécanisme *c*) il y a passage par l'ion mésomère (C) dans lequel la charge positive est en résonance avec un des doublets libres de l'oxygène. De ce fait, la formation du composé carbonylé résultant de la transposition, peut se faire par l'intermédiaire soit d'un composé du type semi-acétal, soit d'un composé du type oxonium. Les deux mécanismes sont également possibles.

Lorsque la stabilité de l'ion (B) initialement formé, et celle de l'ion (C) résultant de la transposition, sont de même ordre de grandeur, la désamination nitreuse conduit à un mélange de produits transposés et non transposés dont la proportion peut dépendre des conditions opératoires ([4]). Par contre, lorsque

([2]) Dostrovsky, Hughes et Ingold, *J. Chem. Soc.*, 1946, p. 173.

([3]) M. J. S. Dewar, *The Electronic Theory of Organic Chemistry*, Oxford, 1950, p. 207-224.

([4]) H. Felkin, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 819; **227**, 1948, p. 1383.

la stabilité des ions (B) et (C) est très différente, il ne peut y avoir formation que de produits d'une même structure carbonée correspondant à celle de l'ion le plus stable. C'est précisément ce qui se passe lors de la désamination des amino-alcools du type (I). En effet, dans ce cas, la grande stabilité de l'ion (A) initialement formé qui est due à la résonance de la charge positive avec le système des doubles liaisons conjuguées du noyau aromatique, empêche la formation de l'ion transposé du type (C) et par conséquent, l'élimination du groupement NH_2 se produit sans transposition en donnant lieu à la formation de glycols et de leurs esters (II) et non aux arylcycloheptanones (III).

La désamination de l'(hydroxy-1 cyclohexyl) phényl amino-méthane, de l'(hydroxy-1 cyclohexyl) *p*-tolyl amino-méthane et de l'(hydroxy-1 cyclohexyl) *p*-anisyl amino-méthane donne respectivement l'(hydroxy-1 cyclohexyl) phényl méthanol (F 100°), l'(hydroxy-1 cyclohexyl) *p*-tolyl méthanol (F 102°) et l'(hydroxyl-1) *p*-anisyl méthanol (F 96°).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réductions sélectives au moyen de l'hydrure d'aluminium et de lithium.* II. Note de M. **Hugh Felkin**, présentée par M. Pierre Jolibois.

L'action de l'hydrure double sur les α-chloro-cétones constitue une bonne méthode de préparation des chlorhydrines correspondantes.

Dans une première Note [1] nous avons montré que l'hydrure double d'aluminium et de lithium permet, dans des conditions expérimentales appropriées, de réduire sélectivement la seule fonction oxygénée dans différents composés comportant deux fonctions, l'une oxygénée (cétone ou ester) et l'autre azotée (amide, oxime ou groupe nitro aromatique).

Nous avons étendu cette méthode de réduction sélective aux α-chloro-cétones RR'CCl-CO-R'' (I), qui fournissent les chlorhydrines RR'CCl-CHOH-R'' (II) avec de bons rendements [2]. Le dosage du chlore minéral libéré lors de la réaction montre que dans chacun des trois cas étudiés, moins de 3 % de la fonction halogène est réduite; la réaction porte donc essentiellement sur la fonction carbonyle [3].

La réduction de l'α-chloro désoxybenzoïne (I, R = H, R' = R'' = C_6H_5)

---

(1) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 304.

(2) Sroog, Chen Ming Chih, Short et Woodburn (*J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 1710) ont montré qu'il est également possible de réduire la seule fonction oxygénée des acides ou esters α-chlorés, qui fournissent les chlorhydrines (II, R'' = H) correspondantes.

(3) Nous avons également tenté la réduction sélective d'une seule fonction dans des composés comportant deux fonctions oxygénées : β-céto-esters et mono-esters d'ω-diacides. Dans les cas étudiés, les résultats sont moins nets que dans le cas des α-chloro-cétones; ils feront l'objet d'une Note ultérieure.

par l'hydrure double fournit un mélange de chlorhydrines (II, R = H, R' = R'' = C_6H_5) contenant environ 50 % de chacun des deux diastéréoisomères *érythro* et *thréo*. De même, le mélange de chlorhydrines formé à partir de l'α-chloro cyclohexanone [I, R = H, R'R'' = $(CH_2)_4$] contient environ 50 % de chacun des deux isomères [II, R = H, R'R'' = $(CH_2)_4$] *cis* et *trans*. Ainsi, lorsque l'action de l'hydrure double sur les α-chloro-cétones peut théoriquement conduire à deux chlorhydrines isomères, celles-ci se forment en quantités sensiblement égales.

Il est intéressant de remarquer qu'il n'en est pas de même lorsqu'on fait agir sur les α-chloro-cétones un dérivé organo-magnésien, réactif dont l'action est généralement analogue à celle de l'hydrure double. Dans le cas de l'α-chloro cyclohexanone, par exemple, la réaction fournit [par addition normale ([4]) ou par réduction ([5])] des mélanges de chlorhydrines *cis* et *trans* dans lesquels prédominent très nettement les isomères *cis*.

Cette différence entre les proportions de chlorhydrines isomères obtenues par les deux méthodes est vraisemblablement due aux dimensions relativement grandes de l'anion R^-, provenant de la molécule d'organo-magnésien RMgX, qui peut plus facilement s'approcher de la fonction cétone par le côté de la molécule opposé à l'atome de chlore (formation prédominante de chlorhydrines *cis*). Par contre, l'anion hydrogène provenant de l'hydrure double est de dimensions suffisamment réduites pour que son approche ne soit pas entravée par l'atome de chlore (formation d'un mélange équimoléculaire de chlorhydrines *cis* et *trans*) ([6]).

Partie expérimentale ([7]). — Les réductions ont été effectuées suivant la méthode générale décrite dans notre première Note ([1]).

Le 1-chloro 1-benzoyl cyclohexane a fourni 50 % de 1-*chloro* 1-(*α-hydroxybenzyl*) *cyclohexane*, $C_{13}H_{17}OCl$, F 67-70°.

L'α-chloro cyclohexanone a fourni 65 % d'un mélange, $É_{16}$ 81-81°,5, composé de parties égales de *cis* et de *trans* α-chloro cyclohexanol ([5]).

L'α-chloro désoxybenzoïne a fourni 95 % d'un mélange qui cristallise partiellement, composé de parties égales d'*érythro* (F 77-78°) et de *thréo* 1-chloro

---

([4]) TIFFENEAU et TCHOUBAR, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 360.

([5]) BARTLETT, *J. Amer. Chem. Soc.*, **57**, 1935, p. 224.

([6]) La différence entre l'action de l'hydrure double et celle des organo-magnésiens sur la thébaïne a reçu une interprétation analogue : SCHMID et KARRER, *Helv. Chim. Acta*, **33**, 1950, p. 863).

([7]) La 3.3-diéthyl 4-*p*-nitrobenzoyloxy butan-2-one, $C_{15}H_{19}O_5N$, décrite dans notre première Note ([1]) comme fondant à 165-166°, fond en réalité à 82-83°. Le produit F 165-166° est vraisemblablement le 2.2-*diéthyl* 3-p-*nitrobenzoyloximino butanol*, $C_{15}H_{20}O_5N_2$.

1.2-diphényl éthanol [8]. La chlorhydrine *érythro* est déshalogénée beaucoup plus rapidement que la chlorhydrine *thréo* par la potasse alcoolique diluée, ce qui permet le dosage des deux diastéréoisomères.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés chlorés et aminés de la benzo-6.7 quinazoline.* Note (*) de M. **Maurice Legrand**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Les propriétés quinazoliniques du diaza-1.3 anthracène sont mises en évidence par la préparation de l'amino-4 benzo-6.7 quinazoline (III) et de la diamino-2.4 benzo-6.7 quinazoline (IV). Il a été obtenu aussi un dérivé mésomonochloré et un dérivé trichloré dont les structures sont discutées.

Nous avons montré antérieurement que l'enchaînement diaza-1.3 anthracénique présentait, non seulement les caractères des anthracènes [1], mais aussi ceux des quinazolines [2]; ces derniers se traduisent, entre autres, par une mobilité particulière des halogènes substitués sur le noyau pyrimidique de la molécule. Nous avons voulu utiliser cette propriété pour préparer des dérivés aminés à partir des dérivés monochloré en 4 et dichloré en 2.4. Le premier, le chloro-4 diaza-1.3 anthracène (I) a déjà été décrit dans une Note précédente [2]; quant au second, le dichloro-2.4 diaza-1.3 anthracène (II), il a été préparé par Curd, Landquist et Rose [3], qui l'obtenaient après sublimation, sous forme de cristaux jaune orangé, F 184°, en faisant réagir le mélange $PCl_5 + POCl_3$ (quantités non précisées) sur la dioxo-2.4 tétrahydrobenzoquinazoline. Pour préparer ce produit, nous avons préféré utiliser $POCl_3$ seul, comme agent de chloration, comme dans la préparation de la monochloro-4 benzoquinazoline. Le produit obtenu dans ces conditions ($C_{12}H_6N_2Cl_2$) se présente sous forme de cristaux jaune citron et fond à 206°, soit 22° plus haut que celui des auteurs précités; son authenticité, pas plus que sa pureté, ne font de doute, comme en témoignent les analyses et le passage par hydrolyse à la dioxo-2.4 tétrahydro 1.2.3.4 benzoquinazoline. Pour essayer de déceler les causes de ce désaccord, nous avons repris la méthode de Curd, Landquist et Rose, c'est-à-dire en ajoutant PCl_5, dont malheureusement, les quantités utilisées ne figurent pas au mémoire. Avec la quantité correspondant à la substitution de deux chlores par molécule, nous avons obtenu par sublimation, un produit fondant vers 189°, qui s'est révélé être un mélange de la dichloro-2.4 benzoquinazoline (II), F_{inst} 205°, et d'un

---

(8) Reulos et Le Tellier, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 698.

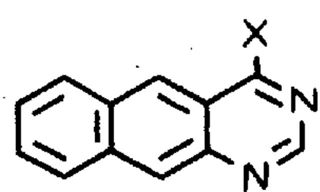
(*) Séance du 27 novembre 1950.

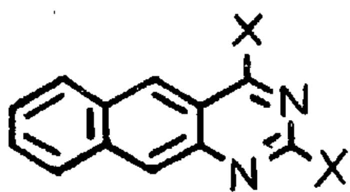
(1) A. Étienne et M. Legrand, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 232-234.

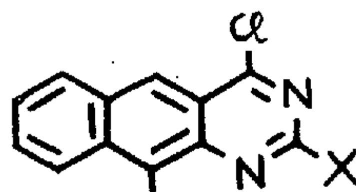
(2) A. Étienne et M. Legrand, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 220-222.

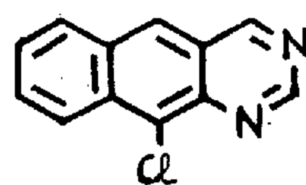
(3) *Chem. Soc.*, 1948, p. 1760.

dérivé trichloré jaune orange, de la benzoquinazoline, $C_{12}H_5N_2Cl_4$, corps nouveau fondant instantanément à 249°.









I X = Cl; III X = NH_2 — II X = Cl; IV X = NH_2 — V X = H; VI X = Cl — VII

L'emploi du PCl_5 a donc l'inconvénient de former une impureté trichlorée qui abaisse le point de fusion. On a constaté d'ailleurs que celle-ci se forme presque exclusivement lorsqu'on emploie un large excès de PCl_5. On peut faire le rapprochement entre cette action de PCl_5 en excès sur la dihydroxy-2.4 benzoquinazoline, qui donne un dérivé trichloré, et l'action du même réactif sur la monohydroxy-4, qui donnait, comme nous l'avons signalé ([2]), un dérivé dichloré. Dans les deux cas, il y a substitution par des chlores à la fois des oxhydryles et de l'hydrogène d'un des sommets carbonés. Cette dernière réaction de substitution n'est pas très commune; il y a lieu de penser que c'est le même hydrogène du noyau qui a été attaqué dans les deux cas et que cet hydrogène se trouve sur l'une des positions méso (9 ou 10) de la molécule diaza-1.3 anthracénique. En effet, d'une part l'hydrogénation en présence de palladium sur CO_3Ca, des dérivés dichlorés (V) et trichlorés (VI), donne le même corps, la monochloro (9 ou 10) benzoquinazoline (VII), cristaux jaunes F 176°, $C_{12}H_7N_2$. D'autre part, l'oxydation chromique du dérivé trichloré (VI) donne la dioxo-2.4 tétrahydro-1.2.3.4 diaza-1.3 anthraquinone-9.10, corps déjà décrit ([1]). Dans les mêmes conditions, le dérivé dichloré (V) est détruit car il ne porte pas de substituants en position 2 [voir l'explication dans la Note précédente ([1])]. Par conséquent, le dérivé dichloré est la dichloro-4.9 (ou 10) benzo-6.7 quinazoline (V) et le trichloré, est la trichloro-2.4.9 (ou 10) benzo-6.7 quinazoline (VI).

Pour que la structure soit complètement élucidée, il reste donc à choisir entre les deux positions méso (9 ou 10), non identiques dans le cas présent. D'après l'examen des spectres d'absorption en ultraviolet (figures de Hartley), tout porte à croire que la position méso chlorée est la position 9. En effet, d'après les travaux sur la couleur des acènes chlorés de Clar et Marschalk ([4]), confirmés par des études effectuées au laboratoire ([5]), deux chlores en position péri provoqueraient un effet bathochrome supplémentaire (effet péri) qui

---

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, **17**, 1950, p. 433.

([5]) J. Jolly, *Comptes rendus.* **231**, 1950, p. 1072-1074.

n'a pas été constaté dans notre cas; cependant il faut noter que cet argument n'est pas suffisant pour trancher définitivement entre les deux structures.

La transformation des dérivés mono et dichlorés (I et II) en amines correspondantes est très facile et simple : un simple chauffage des corps halogénés dans une solution d'ammoniac dans l'alcool suffit. Ainsi, à partir de la monochloro-4 (I), on obtient l'amino-4 benzo-6.7 quinazoline (III), cristaux jaune pâle $C_{12}H_9N_3$, F_{inst} 363° (fluorescence bleue dans la pyridine). De même, la dichloro-2.4 (II) donne la diamino-2.4 benzo-6.7 quinazoline (IV), $C_{12}H_{10}N_4$, F_{inst} 285°, cristaux jaune vert (fluorescence verte dans l'alcool).

Nous pensons que la forme prépondérante, sous laquelle existe chacun des deux dérivés aminés, n'est pas la même, car ceux-ci présentent des différences de propriétés physiques (point de fusion, solubilité et fluorescence), assez profondes; l'un serait sous la forme amino, —N=CH(NH₂—), et l'autre sous la forme imino, —NH—C(NH)—, tautomère, cette tautomérie pouvant affecter soit l'une soit les deux fonctions amines.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Relations entre la structure et la fonction de Patterson symétrisée.* Note (*) de M. **Félix Bertaut**, présentée par M. Charles Mauguin.

$H(x)$, produit de composition (folding) de $h(x)$ avec $g(x)$, peut être une approximation convenable de $h(x)$ lorsque $g(x)$ est une fonction en aiguille (à maximum aigu à l'origine). $h(x) = H(x)$ lorsque $g(x)$ est une fonction $\delta(x)$ de Dirac. En application, on montre qu'on peut construire, à l'aide de la fonction de Patterson, une fonction approchant convenablement la densité électronique.

La fonction de Patterson $P(\vec{u})$ résulte de la composition (*folding*) de la densité électronique $\rho(\vec{x})$ avec elle-même.

$$(1)\qquad P(\vec{u}) = V^{-1}\sum_h |F_h|^2 \exp(2\pi i\vec{h}.\vec{u}) = \int_V \rho(\vec{x})\,\rho(\vec{x}+\vec{u})\,dv(\vec{x}).$$

En transportant successivement à l'origine de ρ un point $\vec{v}$ et les $(s-1)$ points $C_j.\vec{v}$ (¹) qui lui sont équivalents par les opérations de symétrie du groupe (C_j), construisons la fonction auxiliaire $g_{\vec{v}}(\vec{r})$,

$$(2)\qquad g_{\vec{v}}(\vec{r}) = \sum_h F_h \varphi^*_{\vec{v}} \exp(-2\pi i\vec{h}.\vec{r});$$

$$(3)\qquad \varphi_{\vec{v}} = \sum_{j=0}^{j=s-1} \exp(2\pi i\vec{h}.C_j.\vec{v}) \qquad (s = \text{degré de symétrie}).$$

(*) Séance du 13 novembre 1950.

(¹) Notations d'après W. H. Zachariasen, *Theory of X-ray Diffraction in Crystals*, 1945, New-York, Wiley.

Lorsque $\vec{v}$ coïncide avec une position atomique $\vec{r}_A$ de la structure, $g_{\vec{r}_A}(\vec{r})$ est une fonction en aiguille multiple, ayant un maximum très fort à l'origine et d'autres maxima chaque fois que $\vec{r}$ est un vecteur interatomique entre un atome A et les atomes d'autres espèces.

Appelons *fonction de Patterson symétrisée par rapport au vecteur de référence* $\vec{v}$ le produit de composition $\mathfrak{P}_{\vec{v}}(\vec{u})$ (4) de $\rho(\vec{r})$ avec $g_{\vec{v}}(\vec{r})$. Dans cette famille de fonctions, la fonction particulière $\mathfrak{P}_{\vec{r}}(\vec{u}=\vec{r})=\mathfrak{P}(\vec{r})$ (5), où I est le facteur d'identité ([1]), n'est rien d'autre que l'expression analytique de la *fonction d'implication* de M. J. Buerger ([2]).

$$(4)\qquad \mathfrak{P}_{\vec{v}}(u)=\int\rho(\vec{x}).g_{\vec{v}}(\vec{u}-\vec{x}).dv(\vec{x})=\int\rho(\vec{x})\sum_j\rho(\vec{x}+\vec{u}-C_j.\vec{v}).dv(\vec{x})$$
$$=V^{-1}\sum_h|F_h|^2\varphi_{\vec{v}}^{*}\exp(2\pi i\vec{h}.\vec{u}),$$

$$(5)\qquad \mathfrak{P}(\vec{r})=\int\rho(\vec{x})\sum_j\rho(\vec{x}+(I-C_j).\vec{r}).dv(\vec{x})$$
$$=V^{-1}\sum_h|F_h|^2\sum_j\exp(2\pi i\vec{h}.(I-C_j).\vec{r}).$$

A chaque coïncidence de $\vec{r}$ avec une position atomique possible $\vec{r}_A$, $\mathfrak{P}(\vec{r})$ passe par un maximum égal à $\int\rho^2 dv+(s-1)\int\rho_A^2 dv$ ($\rho_A=$ densité de l'atome A). La *structure* correspondant à $\mathfrak{P}(\vec{r})$ n'est pas, en général, une image de la structure vraie, car $\mathfrak{P}(\vec{r})$ est : *a*. centrosymétrique et *b*. correspond en gros à la superposition avec elle-même de la structure, rapportée successivement à tous ses centres de symétrie possibles ([2]).

Supposons alors trouvé un vecteur atomique possible $\vec{r}_A$. La fonction $\mathfrak{P}_{\vec{r}_A}(\vec{u})$ (4) corrélative ([3]) a, en plus du maximum en $\vec{u}=\vec{r}_A$, des maxima aigus de valeur $s\int\rho_A\rho_B\,dv$, chaque fois que $\vec{u}$ coïncide avec un vecteur atomique $\vec{r}_B$(A≠B). Des maxima étrangers à la structure, d'intensité $\int\rho_B\rho_C\,dv$ apparaissent lorsque $\vec{u}$ est la somme d'un vecteur $C_j\vec{r}_A$ et d'un vecteur interatomique $\vec{r}_B-\vec{r}_C$. On les élimine soit en changeant de vecteur de référence soit en comparant au diagramme d'implication qui contient la structure.

([2]) *Acta Crystallographica*, 1, 1948, p. 259.

([3]) Dans le cas où la symétrie est d'ordre deux ou trois, cette fonction est identique à celle que J. Clastre et R. Gay (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1876) obtiennent par leur méthode de superpositions.

Au voisinage d'atomes B, $\mathcal{P}_{\vec{r}_A}(\vec{u})$ représente en première approximation le produit de composition de la densité électronique ρ avec une fonction en aiguille, proportionnelle à la densité électronique des atomes A. La largeur moyenne de la pseudo-densité de B dans la « structure » $\mathcal{P}_{\vec{r}_A}(\vec{u})$ sera donc toujours plus grande que la plus grande des largeurs moyennes des densités ρ_A et ρ_B. Comme en général la position de l'atome A connue est relative à un atome lourd de grand diamètre, le pouvoir de résolution de la méthode est médiocre. Il peut être considérablement amélioré en remplaçant la densité continue ρ par une distribution discontinue *unitaire* $\hat{\rho} = \sum_k n_k \delta(\vec{r}_k - \vec{r})$ [$\delta(\vec{r}_k - \vec{r})$ = fonction de Dirac autour de l'atome k, n_k = rapport du nombre d'électrons de l'atome k au nombre total d'électrons de la maille]. Les facteurs de structure « unitaires » correspondants peuvent se déduire sous certaines conditions [4] de mesures expérimentales. La distribution de Patterson symétrisée est (6),

$$\hat{\mathcal{P}}_{\vec{v}}(\vec{u}) = \sum_i \sum_k n_i n_k \sum_j \delta(\vec{u} - \vec{r}_{ik} - C_j . \vec{v}) = \sum_h |\hat{F}_h|^2 \varphi^{\star}_{\vec{v}} \exp(2\pi i \vec{h} . \vec{u}). \quad (6)$$

Ses maxima intégrés ont les valeurs $\sum_k (n_k^2) + (s - 1) . n_A^2$ pour $\vec{u} = \vec{v} = \vec{r}_A$; $s . n_A . n_B$ pour $\vec{u} = \vec{r}_B$ et enfin (maxima parasites) $n_B . n_C$ pour $\vec{u} = C_j . \vec{r}_A + (\vec{r}_B - \vec{r}_C)$. Dans ces conditions la seule cause limitant le pouvoir de résolution est l'effet de sommation finie.

GÉOLOGIE. — *Sur l'Oligocène de la vallée de l'Oued Dadès (versant sud du Haut-Atlas marocain).* Note de M. **Henri Gauthier**, présentée par M. Paul Fallot.

Sur le versant méridional du Haut-Atlas marocain, entre les vallées de l'Oued Imini-Ouarzazate, à l'Ouest, et celle du Todra, à l'Est, les sédiments postérieurs à l'Eocène moyen daté sont représentés par une puissante série détritique. Dans ce dernier complexe, sans fossiles utilisables pour la stratigraphie, E. Roch [1] a individualisé l'Eocène supérieur, concordant avec l'Eocène moyen et discordant sous la masse détritique principale qu'il rapporte à l'Oligo-Miocène. Plus récemment, G. Choubert [2] a discuté la

---

(4) D. Harker et J. S. Kasper, *Acta Cryst.*, 1, 1948, p. 70.

(1) *Notes et Mémoires du Serv. Géol. du Maroc*, n° 51, 1939, p. 302 et suiv.

(2) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 15, 1945, p. 688.

valeur de ce terme et proposé d'autres équivalences : le matériel dit oligo-miocène appartiendrait au Pontien, tandis que l'Eocène supérieur de E. Roch représenterait l'Oligocène.

Au cours de missions effectuées en 1949 et 1950, j'ai repris l'étude de ces formations. Si mes recherches me conduisent à maintenir l'Eocène supérieur tel qu'il a été reconnu par E. Roch, d'autres observations me permettent d'individualiser l'Oligocène.

Le long de la piste automobile qui emprunte la vallée du Dadès et conduit de Boumalne à Semrhir, à la hauteur du village des Aït Ibrirene, on observe : 1. une série sédimentaire discordante sur l'Infracénomanien redressé à la verticale; 2. sur elle et en contact anormal, le Lias calcaire chevauchant d'une imbrication qui émerge de la profondeur; 3. en ravinement sur ce Lias, la puissante série détritique du synclinal des Aït Sedrat rapportée autrefois à l'Oligo-Miocène.

La formation 1 ci-dessus a une épaisseur variant de 5 à 50^{m}, son pendage moyen est de 35° vers le Nord-Nord-Ouest; elle ravine l'Infracénomanien, sur lequel elle s'étale transgressivement et se présente donc comme parfaitement autochtone. Au point où elle est coupée par la piste, elle est formée d'une brèche grossière constituée, presque en totalité, d'éléments liasiques plus ou moins fortement cimentés. Vers l'Est, cette brèche est surmontée, en concordance, de calcaires lacustres et de poudingues tandis que vers l'Ouest, elle passe à une alternance de grès et de poudingues roses formés aux dépens du Crétacé sous-jacent et du Lias. En ce dernier secteur, l'imbrication liasique chevauchante disparaît, de sorte que, la formation étudiée y est directement recouverte, en discordance, par les conglomérats plus récents des Aït Sedrat.

Ceux-ci sont donc bien distincts de la série sédimentaire 1 qui ne peut pas davantage être rapportée à l'Eocène supérieur, car, d'une part, elle est isolée tant à l'Est qu'à l'Ouest, d'autre part, le faciès lacustre est jusqu'ici inconnu dans l'Eocène supérieur. Enfin, on sait que, dans la région qui s'étend entre les oueds Todra et Imassine, tous les termes de la série sédimentaire, du Crétacé inférieur à l'Eocène supérieur inclus, sont concordants entre eux. Les dépôts étudiés ici reposant en nette discordance sur l'Infracénomanien vertical, sont de ce fait postérieurs à l'Eocène supérieur.

Il convient donc de rapporter la formation détritique et lacustre des Aït Ibrirene à l'Oligocène. Cette assimilation conduit aux conclusions suivantes :

1° Des dislocations se sont produites, au versant sud du Haut-Atlas marocain, lors d'une phase orogénique anté-oligocène que je considère comme distincte de celle, anté-paléocène, signalée par E. Roch dans la région, d'ailleurs plus occidentale, de Skoura.

2° Une phase post-oligocène a suivi. Elle représente la phase orogénique majeure, car on lui doit la mise en place des imbrications liasiques et la formation de l'Accident Sud-atlasien.

3° Il apparaît enfin que la masse détritique dite des Aït Sedrat, postérieure au chevauchement liasique et rapportée autrefois à l'Oligo-Miocène, ne peut plus comporter d'Oligocène et doit être considérée comme un faciès du Miocène continental. Ainsi, faut-il, avec G. Choubert, abandonner ici le terme « Oligo-Miocène ». Toutefois, temporairement, et jusqu'à ce que l'on puisse affirmer que, dans cette région, la série détritique terminale n'a pas débuté avant le Pontien, j'userai à son sujet du terme moins restrictif de Miocène continental.

GÉOLOGIE. — *Observations nouvelles sur la tectonique de la région Forbach-Sarreguemines-Deux-Ponts.* Note (*) de M. **Nicolas Théobald**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Dans une Note précédente (¹) j'ai publié une carte structurale du synclinal de Sarreguemines s'étendant sur la région de Forbach à Deux-Ponts. Son étude permet de dégager quelques observations nouvelles sur la tectonique de la région.

a. On constate qu'*au fur et à mesure que l'axe du synclinal s'enfonce vers le Sud-Ouest, le pendage de son flanc Nord-Ouest s'accentue*. Il faut y voir l'influence de l'anticlinal houiller (ant. de Sarrebruck) en voie de relèvement. Vers le Sud-Ouest, la direction de l'axe du synclinal de Sarreguemines converge vers celle de l'anticlinal de Sarrebruck.

La disposition tectonique actuelle du flanc Nord-Ouest du synclinal de Sarreguemines est donc conditionnée en partie par un mouvement relatif de l'anticlinal de Sarrebruck, mouvement de relèvement, faisant partie des mouvements posthumes de cet accident hercynien.

b. Les flancs du synclinal sont accidentés de fossés d'effondrement se correspondant sur les deux versants et disposés en croix de Saint-André dont deux paires de branches seraient décrochées le long de l'axe du synclinal. Ce sont les fossés de Gräfenthal et de Bischmisheim sur le flanc Nord-Ouest, les fossés de Monbijou et de Walhausen sur le flanc Sud-Est. J'y vois un effet de la torsion du synclinal entre les deux môles le bordant, l'anticlinal de Sarrebruck au Nord-Ouest, l'anticlinal de la Haardt au Sud-Est. Tandis que l'anticlinal de Sarrebruck a basculé vers le Sud, l'anticlinal de la Haardt a basculé vers le Nord.

c. Je note aussi la *rareté des failles longitudinales par rapport à la fréquence relative des failles transversales*. Il y a là une différence de style essentielle avec le golfe de Luxembourg et le synclinal de la Prims accidentés tous deux de nombreuses failles longitudinales.

(*) Séance du 13 novembre 1950.

(¹) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1251.

Les causes mises en jeu pour la formation du synclinal de Sarreguemines n'ont pas été les mêmes que celles qui ont déterminé la formation du synclinal de la Prims et du golfe de Luxembourg.

Les failles longitudinales directes tant conformes que contraires qui dominent dans le style tectonique du golfe de Luxembourg et du synclinal de la Prims montrent que ces régions se sont formées à la suite d'un mouvement d'extension du soubassement. Un vaste pli de fond à dû soulever le bouclier du Massif schisteux rhénan. Pour compenser ce gonflement, certaines régions se sont effondrées en fossés, la présence des failles directes et l'absence de failles inverses montrant qu'il y eut simple tassement sans mouvement de rapprochement latéral. L'étude précise du pendage et du rejet des failles devra permettre de se faire une idée de l'ordre de grandeur de l'extension du soubassement. L'extension y a été relativement plus grande dans le sens transversal des synclinaux que dans le sens longitudinal.

Dans le synclinal de Sarreguemines cette extension a été insensible, l'extension longitudinale a été plus forte. L'explication pourrait être donnée en particulier par les considérations suivantes.

J'ai montré ailleurs que le pli chevauchant de la Grande Faille du Sud a rejoué après le Trias. Ce mouvement peut avoir absorbé la majeure partie de l'extension du soubassement, de sorte que les failles longitudinales ne pouvaient se développer.

D'autre part le mouvement de torsion entre l'anticlinal de Sarrebruck et l'anticlinal de la Haardt analysé plus haut montre que le synclinal de Sarreguemines est né à la limite de deux boucliers distincts, le bouclier du Massif schisteux rhénan et le bouclier vogéso-schwarzwaldien, se traduisant essentiellement à cette latitude par des mouvements de bascule en sens contraire et ne comportant pas nécessairement un mouvement d'écartement latéral.

La carte structurale permet d'expliquer quelques particularités du réseau hydrographique.

a. Cours du Hornbach. — Ce dernier a étalé son bassin dans un fossé peu profond encadré par la faille de Groszsteinhausen et Kröppen d'une part, par les failles situées à l'Ouest de Walhausen d'autre part. Au voisinage de ce village existent d'ailleurs plusieurs compartiments affaissés en fossé qui ont dû faciliter la mise en place du canal de drainage.

Enfin le fossé de Monbijou, orienté ESE — WNW, a imposé à la rivière son cours dans la même direction jusqu'à Hornbach. La présence de ce fossé tectonique explique le cours en baïonnette de la rivière entre la cote 239 et Hornbach.

b. Cours de la Blies. — L'examen de la carte structurale permet aussi d'expliquer le coude de la Blies entre Bliesbruck et Bliesgersweiler. Il correspond au décrochement de l'axe du synclinal qui se reporte de quelques kilomètres vers l'Ouest. La Blies suit ce décrochement. Le travail de creusement

de la rivière a d'ailleurs été facilité par plusieurs axes tectoniques qui se rencontrent dans la région de Bliesschweyen et de Bliesmengen. C'est la raison pour laquelle elle a exagéré son mouvement de glissement vers l'Ouest.

Il est d'ailleurs probable qu'au moment où elle a installé son cours, elle ait été sollicitée par le fossé de Gräfenthal. Le déplacement de son méandre vers le Sud en direction de Bliesbruck est conforme aux lois de l'érosion, car il suit le pendage général des couches.

GÉOLOGIE. — *Horizons paléontologiques du Trias à faciès radical des Préalpes médianes vaudoises (coupes de la Grande-Eau et de Saint-Triphon).* Note (*) de M. **François Ellenberger**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Par l'étude de deux coupes dans la vallée du Rhône, l'auteur précise la stratigraphie du Trias à faciès radical de la Nappe des Préalpes médianes, définit trois niveaux repères à Diploporidés et souligne les homologies entre cette série et celle de la Vanoise (zone du Briançonnais).

La révision d'une partie des matériaux du Trias des Préalpes médianes déposés au Musée de Lausanne ([1]) m'a déjà permis d'attirer l'attention sur la richesse et l'intérêt paléogéographique de la faune du Trias à faciès radical des Médianes et des Klippes, et surtout de la flore algale (Diploporidées). Celle-ci a été décrite par J. Von Pia sur échantillons isolés, postérieurement aux travaux régionaux par ailleurs très approfondis de A. Jeannet et F. Rabowski ([2]). Les déterminations, mais aussi les niveaux définis par ces auteurs, étaient donc caducs; le problème devait être repris à la base.

Au mois de juin 1950, j'ai pu reprendre les coupes classiques de la Grande-Eau et des buttes de Saint-Triphon, près d'Aigle.

1. *Coupe de la Grande-Eau.* — J'ai étudié plusieurs transversales entre Exergillod et la plaine du Rhône; en voici la synthèse, en commençant par le bas :

a. Quartzites de Chalex, cargneules inférieures. Représenteraient le Werfénien très laminé (niveau de décollement). Mal visibles.

b. Niveau inférieur à Diploporidées. (Carrière de Chalex, sentier Vers-Chiez-Panez, bois de Parrin); calcaires vermiculés ou à cloisons dolomitiques et schisteuses anastomosées; 100^{m} environ.

Fossiles à la base : *Neritaria* sp., *Worthenia* sp. et *Oligoporella* sp. (=? *Griphoporella* nov. sp. V. Pia 1920); ces trois espèces, probablement inédites, caractérisent ce niveau, tout comme un niveau homologue vers la base du Virglorien de la Vanoise.

(*) Séance du 27 novembre 1950.

([1]) *C. R. Somm. S. G. F.*, 20 févr. 1950.

([2]) A. Jeannet, *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. série, 34, 1912-1913; A. Jeannet et F. Rabowski, *Ecl. geol. Helv.*, 11, 1912 p. 737-739,

c. Un horizon fossilifère à *Worthenia cf. Hausmanni* Giebel sp. et Lamellibranches existe près de Plambuit vers le milieu ou le sommet des calcaires précédents.

d. Calcaires à granules dolomitiques oolithiques (100^m^ environ). Lentilles à *Physoporella præalpina* V. Pia et *Ph. minutula* Gümb. sp. en quelques points (Plantour, Parrin) : c'est le *deuxième niveau à Diploporidées*, d'âge probablement virglorien moyen ou supérieur. Présence de *Spirigera trigonella* V. Schloth. sp. près de Plambuit.

e. Au sommet des calcaires oolithiques, niveau à accidents siliceux et *niveau à articles de petits Crinoïdes* (20^m^).

f. Calcaires et plaquettes schisteuses noirs à « pieds de bœufs » (20^m^) sur la route d'Aigle à Bex. Faciès du niveau à Brachiopodes lisses de Saint-Triphon (carrière de la gare).

g. Calcaires compacts foncés et dolomies à grain fin sur 200 à 300^m^.

h. Calcaire noir fétide à Diplopora uniserialis V. Pia, au-dessus de la voie ferrée en face de Vuargny (20^m^); gisement signalé autrefois par M. Lugeon; même faciès qu'à Châble-Croix (Tréveneuse). C'est le *troisième niveau à Diploporidées*, probablement ladinien.

i. Dolomies et calcaires en bancs zonés (20^m^). Restes de gros Lamellibranches et Gastéropodes au point précédent.

j. Dolomies bien litées à patine brunâtre (100^m^), avec délits marneux s'épaississant au sommet.

k. Cargneules supérieures et marnes dolomitiques (30^m^ ou plus).

l. Calcaires dolomitiques en petits bancs à délits marneux verdâtres, attribués au Norien par A. Jeannet et M. Lugeon, les cargneules sous-jacentes étant le Carnien ou Raibl. Puis vient le Rhétien fossilifère.

2. *Buttes de Saint-Triphon.* — On observe les mêmes niveaux, mais avec une puissance moindre et *renversés*, comme A. Jeannet l'avait admis. La coupe est limitée aux niveaux *b* à *d* précédents.

Le niveau *b* avec les mêmes fossiles et en outre une petite *Myophoria sp.* typique du Virglorien basal de la Vanoise, n'est conservé qu'au sommet Ouest de la butte au Nord du village de Saint-Triphon. Or vingt mètres plus bas commencent les calcaires à *Physoporella praealpina* et *Diplopora annulatissima* (niveau *c*), bien connus à l'Ouest du village. Dans les calcaires intermédiaires, j'ai trouvé un exemplaire isolé de *Worthenia Hausmanni.*

Les calcaires à Physoporelles se retrouvent sur la butte de Charpigny, où ils passent à leur base aux calcaires oolithiques bien connus à *Spirigera trigonella* et *Spiriferina fragilis*, eux-mêmes servant de toit aux calcaires noirs à pieds de bœufs de la gare. Ces derniers ont fourni, comme on sait, la faune de Brachiopodes étudiée par F. Jaccard; il n'y a rien à ajouter ici à ce qu'en a dit A. Jeannet.

Conclusions. — La coupe de la Grande-Eau montre donc trois niveaux séparés à Diploporidées distinctes. Les deux premiers, virgloriens, correspondent rigoureusement aux deux niveaux inférieurs du Trias de la Vanoise. Le troisième serait ladinien.

Par ailleurs, nos recherches ne font que souligner toujours davantage l'extraordinaire homologie entre la série stratigraphique du bord interne des Médianes et celle de la Vanoise externe, homologie qui ne pourrait guère être

plus forte si les deux séries avaient été primitivement en continuité. C'est, à notre sens, un important argument nouveau en faveur de la thèse française de l'origine pennique frontale, subbriançonnaise, des Préalpes Médianes.

OCÉANOGRAPHIE. — *Niveaux d'Algues sur la côte Atlantique à Témara (Maroc).* Note de M[lle] **Hélène Gantes**, présentée par M. Louis Fage.

Si l'on excepte un travail de Burollet (1), la bionomie intercotidale n'a jamais été étudiée au Maroc. En 1948, j'ai entrepris des recherches en ce sens dans la région de Témara, petite station balnéaire d'accès facile à 12^{km} au Sud de Rabat, en m'attachant particulièrement à la faune liée aux algues. Ce travail exigeait au préalable la définition des niveaux d'algues qui s'est montrée si profitable aux études d'océanographie biologique côtière entreprises en France et à l'étranger.

La station de Témara se compose essentiellement d'une lagune qui, même à marée basse, communique largement avec l'Atlantique par un goulet coupé d'un îlot. Une jetée rocheuse naturelle, abrupte vers la mer, en gradins doucement inclinés vers la lagune, sépare celle-ci de l'Océan. A l'Est, la côte ressemble beaucoup au glacis de la jetée, mais évidemment sa pente est inverse.

Les horizons supérieurs, au-dessus des hautes mers de morte-eau, ne présentent aucune trace de végétation, contrairement aux observations de Burollet faites à Rabat. Ce niveau *nu* au point de vue botanique correspond à une population extrêmement dense de chtamales et de littorines dans tous les endroits où les embruns viennent humecter la roche, entre les vives eaux. Au-dessous, il convient de distinguer le mode battu, représenté sur la paroi Ouest de la jetée naturelle, et le mode abrité, correspondant au bord intérieur de la lagune.

Mode battu. — Au-dessus du niveau de mi-marée s'étend une zone à *Gigartina pistillata* correspondant surtout aux faces verticales des rochers. Au-dessous, sur les blocs éboulés découverts aux basses mers de morte-eau, se trouve une zone à *Cystoseira ericoides* et *Corallina officinalis* qui passe vers les horizons inférieurs à une ceinture de *Pterosiphonia complanata*, théoriquement découverte aux grandes marées, mais d'un accès difficile et dangereux étant donné la grande houle atlantique qui caractérise les côtes marocaines et sévit presque toute l'année.

Mode abrité. — A la hauteur de la zone à *Gigartina* existe une plateforme légèrement inclinée vers le centre de la lagune et crevée de nombreuses cuvettes ou même de failles profondes au fond desquelles gronde la mer. La surface de ce replat est couverte d'une algue calcaire, *Tenarea tortuosa*, sur laquelle poussent en épiphyte des touffes plus ou moins développées d'*Ulva lactuca*.

(1) *Bull. Soc. Sc. Nat. Mar.*, 15, 1935, p. 109.

Cette zone se termine par un ressaut au bas duquel reprend la pente douce tapissée maintenant d'un gazon dense de l'association *Gigartina acicularis*, *Laurentia pinnatifida* et *Caulacanthus ustulatus*. A ce niveau on trouve encore quelques ulves, mais elles sont très rabougries. Cet horizon se termine au-dessous du niveau de mi-marée à peu près à la limite des basses mers de morte-eau.

La zone comprise entre cette limite et celle des basses mers de vives-eaux comprend trois niveaux d'algues. La partie supérieure marquée par sa teinte rouge sombre correspond à un niveau à *Centroceras clavulatum*. Puis vient une région à *Bifurcaria tuberculata* qui passe insensiblement à des Cystosires (*Cystoseira abratanifolia et C. miriophylloides*). Aux endroits sableux de cette partie apparaît par place un maigre herbier de Zostères. Au-dessous des basses mers de vives-eaux commence la zone à laminaires (*Laminaria Le Jolisii*) assez abondantes dans la région du goulet de la lagune.

La distinction de ces niveaux est surtout valable pour la partie de la jetée naturelle inclinée vers la lagune. La partie rocheuse symétrique adossée à la côte est beaucoup moins riche. Si les horizons inférieurs sont sensiblement identiques, la roche devient pratiquement nue au-dessus de la zone à Céramiacées, si l'on excepte quelques touffes éparses et maigres de *Fucus platycarpus*.

Flore des cuvettes. — On trouve dans les cuvettes qui creusent les différentes régions abritées, une flore sensiblement plus constante quel que soit le niveau. Tout au plus peut-on noter la prépondérance aux niveaux supérieurs de *Chaetomorpha aerea*, *Ulva lactuca*, *Enteromorpha compressa*, tandis que dans les cuvettes les plus basses, au fond alvéolé par l'oursin *Paracentrotus lividus*, on trouve plus fréquemment *Bifurcaria tuberculata*, *Cystoseira abratanifolia* et l'algue verte *Codium tomentosum*.

En conclusion, à part la zone des laminaires située aux mêmes niveaux qu'en France, les zones d'algues sont assez différentes de celles que l'on a reconnues en Europe. Ce fait est certainement dû beaucoup plus aux conditions climatiques qu'à celles purement marines; la preuve en est donnée par la disparition ou au moins la raréfaction de certaines algues pendant la période chaude.

MÉTÉOROLOGIE. — *Aspect convectif des tourbillons de sable d'axes verticaux.* Note de M. **Jean Lacaze**, présentée par M. Charles Maurain.

Les tourbillons de sable d'axes verticaux illustrent un type de convection différent de ceux de Bénard et de Petterssen. L'excès de chaleur et la capacité calorifique du sable expliquent leur auto-tirage. A l'origine, ils paraissent liés à des surfaces de discontinuité verticales.

Un tourbillon de sable d'axe vertical permet l'ascension jusqu'à des hauteurs

pouvant atteindre 2^{km} de particules solides dont la température au sol peut avoisiner 90° C.

Tant que le tourbillon est organisé, il est constitué ([1]) par des rubans de sable coaxiaux entraînés par les filets d'air ascendants; ces filets, initialement à une température voisine de celle du sable, gagnent de l'épaisseur par détente et par conductibilité de la chaleur du sable, les phénomènes de mélange ne paraissant jouer qu'un rôle minime.

La capacité calorifique du sable est relativement forte (0,4 cal/cm^3) et l'air est très mauvais conducteur de la chaleur; cependant, on peut calculer ([2]) l'ordre du gain d'épaisseur des filets ascendants; pour un tourbillon dont le sable s'élève de 4 m/sec, il est de 15^{cm} en 100 secondes; en supposant qu'il s'agit de grains de sable sphériques de 1^{mm} de rayon et que les températures de l'air soient 40° C près du sol et 36° à 400^{m} au-dessus du sol, on trouve alors que la perte de température du sable est de l'ordre de 0,1 C (on a pris la température initiale du sable à 80° C).

Il y a donc auto-tirage du tourbillon, qui ne cesse que lorsque le sable est suffisamment refroidi ou lorsque les filets ascendants rencontrent une zone d'air à fortes accélérations horizontales qui désagrège le tourbillon; ces conditions sont apparentées à celles qui arrêtent l'expansion des cumulus (*Reports* du *Thunderstorm Projet* américain; la chaleur libérée par la condensation ou la sublimation de l'eau est ici remplacée par la chaleur du sable). Il y a lieu de remarquer que si, extérieurement, l'expansion d'un cumulus se rapproche plutôt de celle d'une bouffée de fumée, certains observateurs [([3]), par exemple] ont constaté, à l'intérieur des cumulonimbus, des ascendances *en tuyaux de cheminée*.

Manifestement, ce type de convection ne peut être traité par la *slice method* de Petterssen ([4]); la *parcel method* ne peut, elle, rendre compte des phénomènes de rotation (ascendances hélicoïdales); enfin, l'on ne peut tirer aucune conclusion nette des températures équivalentes potentielles, calculées d'après les données de Bruyère ([5]), en vue de déterminer les conditions de *stabilité*.

Cependant, l'importance de ce mode de convection, même lorsqu'il n'y a pas soulèvement de poussière, pour le transfert de la chaleur du sol à la basse atmosphère, a été reconnue depuis longtemps ([6]); sa fréquence dans des régions non désertiques est même beaucoup plus grande qu'on n'aurait tendance à le croire (travaux allemands, observations dans les camps de prisonniers).

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 425.

([2]) HAN-SÜRING, *Lehrbuch der Meteorologie*, Leipzig, 1939.

([3]) H. WICHMANN, *Annalen der Meteorologie*, 1, 1948, p. 9-11.

([4]) *Geofysiske Publikasjoner*, 12, 1939, n° 9, p. 1-23.

([5]) *Année polaire internationale*, Paris, 3, 1941, p. 1932-1933.

([6]) *Das Klima der Bodennahen Luftschicht*, Braunschweig, 1927.

Geiger ([6]) reconnaît que le surchauffement des couches d'air proches du sol n'est peut-être pas l'unique cause du déclenchement des tourbillons d'axes verticaux, et n'explique pas en tout cas leur rotation. Or, on n'observe pas de tourbillons s'il n'y a pas de vent; d'autre part, les mesures simultanées de températures de la surface du sol (effectuées à Tamanrasset avec la collaboration de B. Leprêtre) montrent que la température d'une croûte sableuse dépasse de plusieurs degrés celle d'une croûte rocheuse; par suite il en est de même pour les couches d'air immédiatement au contact du sol. Enfin ([7]), les traînées sableuses deviennent tourbillonnaires au passage d'une dénivellation.

Me basant sur ces faits, j'ai pensé que les tourbillons d'axes verticaux sont liés à des surfaces verticales de discontinuité (du premier ordre), existant immédiatement au-dessus du sol et dont la hauteur peut d'ailleurs être très inférieure au mètre. Entraînées par le vent général, elles sont le siège d'ondes de frottement à crêtes verticales, qui peuvent provoquer des tourbillons par introduction d'accélérations horizontales (relief à l'échelle du mètre, trop grande différence de température). Le développement vertical peut provenir de l'auto-tirage dû à la chaleur du sable, mais peut aussi être fortement aidé par le relief à l'échelle de l'hectomètre. Il est à noter qu'on trouve dans l'atmosphère des surfaces verticales ou quasi verticales de discontinuité d'un ordre de hauteur pouvant atteindre le kilomètre : limites de certains bancs de brume sèche au Sahara, parties non glacées des cumulonimbus, limites dans les basses couches de certains fronts froids (observations sud-africaines en planeur); il peut donc se faire que les surfaces verticales de discontinuité auxquelles sont liés les tourbillons de sable d'axes verticaux aient elles aussi un développement important; cela expliquerait d'ailleurs la persistance de la rotation à plusieurs hectomètres au-dessus du sol. J'ai déjà dit ([7]) pourquoi il n'a pas été possible de pousser plus loin les mesures à ce sujet.

C'est M. Queney qui m'a suggéré d'étudier le rôle de l'excès de chaleur du sable par rapport à l'air.

PALÉOBOTANIQUE. — *Sur l'existence et la limite de deux domaines paléosilvatiques postglaciaires, septentrional et méridional, dans les Alpes françaises.* Note de Mlle **Jeanne Becker**, transmise par M. Pierre Pruvost.

L'analyse pollinique des tourbières des Alpes traduit l'existence de deux types d'histoire forestière postglaciaire. A l'inverse d'un faciès septentrional déjà décrit, le faciès méridional qui commence un peu au Sud de Grenoble, montre une extension plus considérable et continue des Pins.

Après une première étude palynologique des tourbières des Alpes de Savoie, continuant celles de M. et Mme Dubois, M. R. Peterschmitt et

---

([7]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1415-1417.

M. F. Firtion (celles-ci dans la région de jonction Jura-Alpes), et dont j'ai fait connaître les résultats essentiels ([1]), j'ai poussé mes recherches plus au Sud dans les massifs alpins, de la Tarentaise à l'Ubaye. Je résume ici les conclusions dégagées de la pollenanalyse de 43 tourbières.

La confrontation des diagrammes polliniques permet de distinguer dans le massif alpin français deux régions bien distinctes au point de vue pollenanalytique, l'une septentrionale, l'autre méridionale, et présentant deux histoires forestières distinctes bien que répondant aux mêmes règles générales, depuis le Flandrien inférieur jusqu'à nos jours.

En ce qui concerne le domaine septentrional, mes recherches confirment les résultats déjà présentés antérieurement.

Dans le domaine méridional les tourbières étudiées, s'étageant entre les altitudes 886 et 2310^{m}, offrent toutes les mêmes traits pétrographiques et palynologiques. La tourbe est noire, compacte et dure vers la base, brune et feutrée vers le haut. Elle est essentiellement hypno-caricière avec peu de Sphaignes dans de rares tourbières.

L'analyse pollinique révèle l'histoire forestière générale suivante :

1. Bouleau, Pin, Saule (phase subarctique ou préboréale);
2. Pin, Bouleau (phase préboréale ou boréale);
3. Pin, Coudrier discret, Chênaie mixte (phase boréale ou boréo-atlantique);
4. Pin, Chênaie mixte (sporadiquement Sapin) (phase atlantique);
5. Pin, Sapin (exceptionnellement dominant), Hêtre et Epicea rares (phases subboréale et subatlantique);
6. Pin, Epicea et rares autres essences (phase terminale diversifiée).

Le fait le plus caractéristique est la dominance pollinique presque constante des Pins, depuis la phase à Pin-Bouleau classique bien reconnaissable jusqu'aux temps actuels. Les autres essences se manifestent par des pourcentages bien inférieurs à ceux qui les caractérisent dans le domaine septentrional. Dans quelques tourbières : Agnières (Dévoluy), Pelleautier (Gapençais), Pierre-Chatel (région de La Mure), Alpe d'Huez et Alpe de Venosc (Oisans), le Pin s'efface, parfois très légèrement et pour une courte durée, devant le Sapin dans la phase 5. C'est dans cette catégorie que viennent se ranger les tourbières de la Haute-Roya (région de Tende), décrites par M. Lemée ([2]).

Dans les niveaux supérieurs *Pinus Cembra*, remarquable par ses très gros pollens, vient s'ajouter à *Pinus silvestris*.

A Pelleautier (lieu-dit la Motte-qui-Tremble), j'ai reconnu une phase paléosilvatique ancienne à Saule-Pin-Bouleau, suivie d'un accroissement du Pin puis d'une prédominance du Bouleau, avant le déroulement normal de

---

([1]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 762-764.

([2]) *C. R. Soc. Biogéogr.*, **234**, 1950, p. 57-61.

l'évolution forestière. Cette phase à Pin semble indiquer l'oscillation d'Alleröd.

La limite qui sépare le domaine septentrional du faciès paléosilvatique méridional passe au Sud de Villard-de-Lans, au Nord du Lac de Pierre-Chatel, au Sud du Col Luitel, au Nord de l'Alpe d'Huez et se poursuit suivant une direction sensiblement Ouest-Est.

Le pollen de Noyer s'observe dans les niveaux supérieurs de la région de Grenoble, aussi bien dans les tourbières du faciès septentrional (Col des Mouilles) que dans celles du faciès méridional (Lac de Pierre-Chatel, Marais de La Mure) : résultat vraisemblable de l'activité humaine.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Gigantisme nucléolaire et cécidogenèse.* Note (*) de M. **Jean Meyer**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'hypertrophie nucléolaire, déjà signalée comme l'un des premiers effets cytologiques de la cécidogenèse par Magnus (1) dans les cas de *Rhodites Rosæ* et de *Pontania proxima*, observée également par moi-même chez deux diptérocédies (2), a été décrite encore récemment par S. H. Taylor (3) dans le cas d'*Aulax glechomæ*. Poursuivant mes recherches dans ce sens sur des galles d'insectes très variés, voici quelques ordres de grandeurs en μ du diamètre nucléolaire moyen, tout au début de la cécidogenèse :

	Normal.	Cécidien.
1. Cécidomyides : *Perrisia Urticæ* Perris sur *Urtica dioica* L.	1,8	3
Perrisia affinis Kieff. sur *Viola odorata* L.	1,2	2,1
Oligotrophus Capreæ Winn. var. *major* sur *Salix cinerea* L.	1,7	2,2
» *bursarius* Bremi sur *Glechoma hederacea* L.	1	2
» *annulipes* Hartig sur *Fagus silvatica* L.	0,8	1,9
Cystiphora Sonchi F. Loew sur *Sonchus oleraceus* L.	1,7	2,2
2. *Cynipides : Rhodites Rosea* L. sur *Rosa* sp.	0,7	1,8
Neuroterus Quercus-baccarum L. ♀ ♂ sur *Quercus* sp.	1,6	2,7
3. *Aphides : Phylloxera vastatrix* Planchon sur *Vitis vinifera* L.	0,7	2,6

La croissance nucléolaire est également très nette dans le cas de l'action de la fondatrice d'*Adelges Abietis* Kalt. sur *Picea excelsa* Link, mais le grand nombre de nucléoles ne permet pas de le classer dans le tableau précédent. Dans la plupart des cas cités, *la taille nucléolaire dépasse celle du nucléole du méristème primaire correspondant.* Que signifie cette hypertrophie nucléolaire, phénomène général et indice le plus frappant du début de la cécidogenèse?

(*) Séance du 27 novembre 1950.

(1) *Die Entstehung der Pflanzengallen verursacht durch Hyménopteren*, Jena, 1914.

(2) *Rev. génér. Bot. Fr.*, 55, 1948, p. 256-290.

(3) *Amer. J. Bot.*, 36, 1949, p. 222-230,

La bibliographie sur le nucléole nous permettra de confronter plusieurs hypothèses avec les données de nos propres recherches.

A. Remarquons que l'*hypertrophie nucléolaire apparaît en cécidogenèse antérieurement à la mitose*. La croissance nucléolaire a été signalée également comme précédant la première mitose, dans les phénomènes de dédifférenciations observés par Behre [4] et à proximité des blessures, par Fischer [5]. S'agirait-t-il d'un phénomène préparatoire aux mitoses? Cette interprétation ne peut guère s'appliquer en cécidogenèse car : 1° L'hypertrophie nucléolaire est très accentuée dans les tissus nourriciers évolués qui ne sont plus destinés à proliférer; 2° Elle apparaît aussi dans le tissu palissadique de la galle élémentaire de *Cystiphora Sonchi* et dans la galle d'*Oligotrophus bursarius*, où l'on ne pourra observer aucune mitose extérieure.

B. Pouvons-nous expliquer le gigantisme nucléolaire précoce en cécidogenèse par le rapport établi par Maige [6], Heitz [7] et Fischer [5] entre la croissance nucléolaire et l'augmentation des glucides solubles? Récemment encore Malvesin Fabre et Eymé [8] signalaient chez les cellules à mycorhizes la coïncidence de la multiplication nucléolaire avec l'amylolyse.

Mais si l'on peut, dans une certaine mesure, faire appel à cette hypothèse pour des plastèmes cécidiens, sièges de remaniements glucidiques précoces cytologiquement constatables, comme je l'avais moi-même admis [2], il n'en est plus de même pour les tissus nourriciers déjà différenciés. Des expériences d'inanition et de nutrition au sucre par la méthode de Tréboux [9], sur des feuilles portant des galles de *Perrisia Urticæ* en voie de croissance, ont montré que, si le nucléole normal vérifiait les résultats de Maige (diamètre nucléolaire doublé en nutrition sucrée par rapport à l'inanition), le gros nucléole du tissu nourricier accusait plutôt une très légère décroissance. *Le nucléole du tissu nourricier de galles en croissance ne fonctionne donc pas comme un nucléole normal* et l'hypertrophie nucléolaire précoce en cécidogenèse, sans vouloir exclure l'influence du métabolisme glucidique, révélerait encore d'autres propriétés du nucléole.

C. M'inspirant des travaux de Caspersson, Brachet, Altmann [10] sur les rapports entre nucléoles, acide ribonucléique et protéogenèse, confirmés pour la galle d'*Aulax glechomæ* par Taylor [3], j'ai étudié la présence de cet acide dans des galles de genres et d'âges variés par les méthodes de Brachet [11] et

---

(4) *Planta*, 7, 1929, p. 238.
(5) *Planta*, 22, 1934, p. 792.
(6) *C. R. Soc. Biol.*, 88, 1923, p. 1149-1151 et 89, 1923, p. 556-558.
(7) *Zeitschr. f. Zellforsch.*, 2, 1925, p. 69-86.
(8) *Rev. Gen. Bot.*, 57, 1950, p. 92-96.
(9) *Ber. Bot. Ges.*, 27, 1909, p. 507.
(10) *Zeit. Naturforsch.*, 46, 1949, p. 138-144.
(11) *Arch. de Biol.*, 53, 1942, p. 213.

de C. Vendrely ([12]). Je dois la ribonucléase utilisée à M. et Mme Vendrely et à M. Mandel. J'ai trouvé une teneur accrue d'acide ribonucléique dans le plastème cécidien de *Rhodites Rosæ*, ainsi que dans le tissu nourricier de *Perrisia Urticæ*, enfin également dans celui, déjà *très évolué*, de la galle adulte de *Neuroterus Quercus-baccarum* ♀ ♂. Dans ce dernier tissu nourricier, où toute prolifération a cessé, le gigantisme nucléolaire accompagnant l'accumulation d'acide ribonucléique ne peut s'expliquer, comme le pense Taylor pour les plastèmes, par une protéogenèse de croissance comparable à celle d'un méristème ; on penserait plutôt à une *protéogenèse d'ordre trophique* en faveur du parasite, pouvant d'ailleurs se superposer précocement à la protéogenèse de croissance, dès le début de la cécidogenèse.

ALGOLOGIE. — *Les « corps en cerise » du* Laurencia obtusa *(Huds.) Lamour.* Note de M. **Jean Feldmann** et Mme **Geneviève Feldmann**, présentée par M. Roger Heim.

Les vacuoles des cellules externes du *Laurencia obtusa* renferment constamment une volumineuse inclusion réfringente (corps en cerise) qui représente un pseudopode intravacuolaire dont l'extrémité renferme une vacuole spécialisée. A la mort de la cellule, le contenu homogène de cette vacuole se sépare en deux parties, l'une de nature lipidique, l'autre, soluble dans l'eau, qui renferme un corps à fonction aldéhyde.

Le *Laurencia obtusa* (Huds.) Lamour. se distingue de toutes les autres espèces de *Laurencia* existant sur les côtes de France par la présence constante, dans toutes les cellules de l'assise externe de la fronde, comme dans toutes les cellules des trichoblastes, d'une volumineuse inclusion fortement réfringente dont la forme, très particulière, avait été observée depuis longtemps ([1]), mais dont la nature était restée jusqu'ici énigmatique.

Ces inclusions ou *corps en cerise* forment, au sein de la vacuole, un gros globule intensément colorable vitalement par le bleu de crésyle et de forme très caractéristique. Vus de profil, ces *corps en cerise* présentent un contour réniforme dû à une dépression ombiliquée pourvu au centre d'un court prolongement conique relié au cytoplasme pariétal par un fin tractus cytoplasmique.

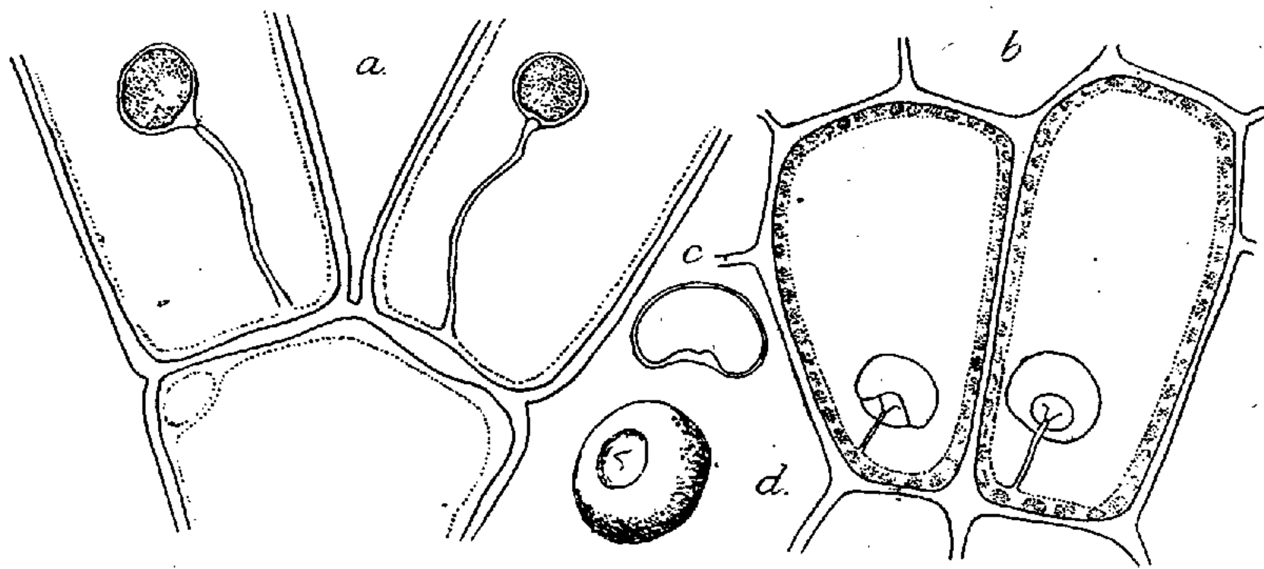
Dans les jeunes trichoblastes en voie de développement, il est possible d'observer le mode de formation des *corps en cerise*. On constate d'abord, dans les très jeunes cellules, l'existence d'un pseudopode intravacuolaire relativement court et tout à fait comparable à ceux que l'on observe chez d'autres

---

([12]) *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 606-608.

([1]) G. Berthold, *Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Meersalgen. Pringsh. Jahrb.*, Bd **13**, 1882, p. 708.

Céramiales. L'extrémité libre renflée de ce pseudopode se creuse d'une vacuole qui, en augmentant considérablement de volume, constitue le *corps en cerise*. Celui-ci représente donc l'extrémité d'un pseudopode intravacuolaire renfermant une vacuole spécialisée remplie d'une substance fortement réfringente. Les *corps en cerise* sont extrêmement fragiles et les modifications qu'ils subissent dans les cellules en voie d'altération nous renseignent sur la nature physique de leur contenu.



Laurencia obtusa. — *a*, corps en cerise des cellules des trichoblastes; *b*, corps en cerise des cellules corticales; *c*, coupe optique d'un corps en cerise d'une cellule corticale; *d*, corps en cerise vu obliquement par la face concave. × 525.

Dans de telles cellules, on constate d'abord que l'invagination ombiliquée disparaît par gonflement tandis que le contenu du *corps en cerise* d'homogène devient granuleux. L'enveloppe cytoplasmique éclate ensuite et laisse échapper une matière semi-fluide finement granuleuse qui se répartit dans la vacuole, tandis qu'à l'intérieur de l'enveloppe apparaissent de fines gouttelettes réfringentes qui fusionnent progressivement en gouttelettes plus grosses pour former finalement une grosse gouttelette sensiblement de même taille que le *corps en cerise* primitif et qui, non miscible au suc vacuolaire, persiste après la mort de la cellule.

Au moment de la mort de celle-ci, il y a donc eu séparation en deux parties du contenu primitif et homogène du *corps en cerise* : Une partie finement granuleuse, soluble dans l'eau et qui se dissout progressivement dans le suc vacuolaire, et une partie non miscible à l'eau, présentant tous les aspects d'une gouttelette d'huile et qui en effet semble bien de nature lipidique car elle réduit l'acide osmique et se colore par le Soudan III et le Bleu B. Z. L. Quant à la matière granuleuse, soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther, elle ne présente ni les réactions des mucilages pectiques, ni celles des tanoïdes et des phénols, mais, sous l'action du réactif de Schiff, employé directement sur le matériel vivant, on constate que les *corps en cerise* se colorent immédiatement et intensément en violet, révélant l'existence d'un composé à fonction aldéhyde.

Des recherches macrochimiques seraient à entreprendre pour préciser la nature exacte des deux corps, l'un lipidique, l'autre à fonction aldéhyde, que renferment les *corps en cerise* du *L. obtusa*.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effets de l'âge et des dimensions des plantes, ainsi que de la température, sur les conditions photopériodiques d'induction à la floraison.* Note de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Lorsque des plantes sensibles au photopériodisme sont élevées en conditions non photo-inductives, on sait qu'on peut les amener à former des ébauches florales sous ces mêmes conditions si on les soumet temporairement à des conditions photo-inductives. Le nombre minimum de journées photo-inductives nécessaires à déclencher la floraison ultérieure est souvent considéré comme une caractéristique de l'espèce envisagée. J'estime au contraire que cette valeur minima du temps efficace d'induction dépend non seulement de l'espèce traitée, mais aussi de l'âge et des dimensions des plantes, ainsi que de la température à laquelle on opère. En voici, à titre préliminaire, quelques exemples significatifs :

1° *Effet de l'âge des plantes traitées.* — Des plantes en rosettes de *Scabiosa ukranica* élevées depuis le semis en jours courts de 8 heures, les unes depuis 3 mois, les autres depuis 9 mois, sont placées en *jours continus* le 14 juin pour une durée de 1, 2 ou 3 semaines, selon les lots, puis ramenées en jours courts. L'induction d'une semaine reste inefficace sur les plantes jeunes âgées de 3 mois, tandis que les plantes âgées de 9 mois répondent 4 à 5 semaines plus tard par la montée de l'inflorescence, suivie de floraison. L'induction de 2 semaines détermine un léger allongement chez les jeunes, mais sans floraison, tandis que les plantes âgées sont déjà en fleurs le 5 août. L'induction de 3 semaines amène les jeunes plantes à fleurir en fin août. On ne peut pas dire que si les jeunes plantes tardent à fleurir, c'est seulement parce qu'elles sont trop petites, car des plantes semées en même temps, mais sous jours continus, ayant ainsi reçu la photo-induction dès leur germination, montent en inflorescence dès le début de juin et sont en fleurs au début de juillet, en n'ayant pas eu le temps de fournir des rosettes aussi grosses et garnies de feuilles que les plantes élevées depuis le semis en jours courts.

2° *Effet des dimensions des plantes traitées.* — Des plantes en rosettes d'*Œnothera biennis*, élevées en plein air depuis neuf mois, donc déjà vernalisées, mais sous jours courts, sont classées par rang de diamètre des rosettes, de 4 à 10^{cm}, et soumises le 14 juin, à 1, 2, 3 ou 4 semaines de traitement en *jours continus*, puis ramenées en jours courts. On constate ensuite que les plus petites rosettes n'ont subi aucune induction efficace, même par 4 semaines de traitement photo-inductif. Les rosettes moyennes sont mises à fleurs par 4 semaines

d'induction, quelques-unes par 3 semaines, aucune par des temps plus courts d'induction. Les grosses rosettes sont mises à fleurs par 4, 3 ou même 2 semaines d'induction, et les plus grosses par une seule semaine d'induction. Chez ces plus grosses rosettes, l'effet quantitatif de l'induction s'observe nettement : celles qui ne reçurent qu'une semaine d'induction fleurissent les dernières (environ 9 semaines après le début du traitement), et ne montrent en moyenne que sept fleurs fertiles nées dès la base de la hampe qui est ainsi fort courte; celles qui reçurent 2 semaines d'induction montrent en moyenne 14 fleurs; celles qui reçurent 3 ou 4 semaines d'induction, fleurissent moins de 7 semaines après le début du traitement et montrent 30 à 50 fleurs haut placées sur des hampes normales de 80 à 110^{cm}. On ne peut dire que la non-floraison des plus petites rosettes tient à leur âge encore trop jeune au moment du traitement, car les plus petites rosettes du même semis placées dès le 7 mars sous jours continus, ayant ainsi subi bien plus que 4 semaines d'induction, s'allongent en fin mai et finissent par fleurir en fin juin et juillet.

3° *Effet de la température.* — De jeunes rosettes de semis naturel de *Stenactis annua* Auct. (= *Erigeron ramosum* Br. et S. P.) sont prélevées aux environs d'Auxonne le 23 septembre et partagées, depuis le 4 octobre, en quatre lots : en jours courts ou en jours continus, en plein air ou en serre réglée aux environs de 18°C durant l'hiver, mais subissant des températures plus élevées durant les journées ensoleillées du printemps et de l'été. Quatorze mois plus tard, les rosettes en plein air sous jours de 8 heures sont devenues très vigoureuses, mais continuent à ne montrer aucun signe de floraison. Au contraire, les plantes en plein air sous jours continus ont commencé à s'allonger en fin mars, à fleurir au début de mai sur inflorescences hautes de 1^{m} et plus, étroites, avec floraison se poursuivant tout l'été sur repousses dressées de la base. S'il n'y avait que ces deux lots expérimentaux, on conclurait à la nature *hémérOpériodique absolue* de cette espèce. Mais, dans la chaleur de la serre, les faits sont différents : la montée et la floraison en jours continus se produisent comme en plein air, avec 2 à 3 semaines d'avance; mais en jours courts de 8 heures, la montée d'une inflorescence se produit aussi : elle paraît plus tard, au début de juin; elle ne dépasse pas 50^{cm} et elle prend un port très rameux, étalé; depuis le début de juillet, les inflorescences de cette sorte sont couvertes de fleurs qui se renouvellent sans cesse. Les plantes de cette espèce, en serre, se comportent ainsi comme *héméropériodiques préférantes* ou comme *indifférentes faiblement héméropériodiques.*

En résumé, chez les plantes héméropériodiques mentionnées ici, et chez celles qui ont un comportement analogue, nous voyons que la durée minima d'une induction efficace à la mise à fleurs par les jours longs dépend dans une large mesure de l'âge et des dimensions des plantes et de la température : plus une plante vieillit, plus elle est grande, plus elle est au tiède, et plus elle se rapproche de l'état d'une plante *indifférente*, moins l'induction nécessaire par

les jours longs est grande, au point de devenir dans certains cas, inutile. Ces faits, sans s'opposer à la part hormonale des interprétations des facteurs de la floraison, conduisent à montrer l'importance que doit avoir aussi l'état physico-chimique du cytoplasme qui est progressivement modifié par le vieillissement, par l'accroissement de la taille et par la température.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la coaptation des étuis stipulaires de* Ficus elastica *Roxb.* Note de M. **Albert Duchaigne**, présentée par M. Paul Becquerel.

Une coaptation assure la parfaite fermeture des grands étuis stipulaires qui protègent les feuilles du *Ficus elastica* pendant la majeure partie de leur croissance; ces stipules sont finalement le siège de profondes modifications histologiques qui accompagnent leur ouverture, prélude d'un rapide flétrissement.

Des étuis stipulaires, coniques, protègent les jeunes feuilles du *Ficus elastica* dans son long bourgeon terminal, comme l'a déjà signalé Gœbel (1). Ce sont des cornets hermétiquement clos dont le mode de fermeture, l'anatomie et le développement n'ont pas encore été décrits.

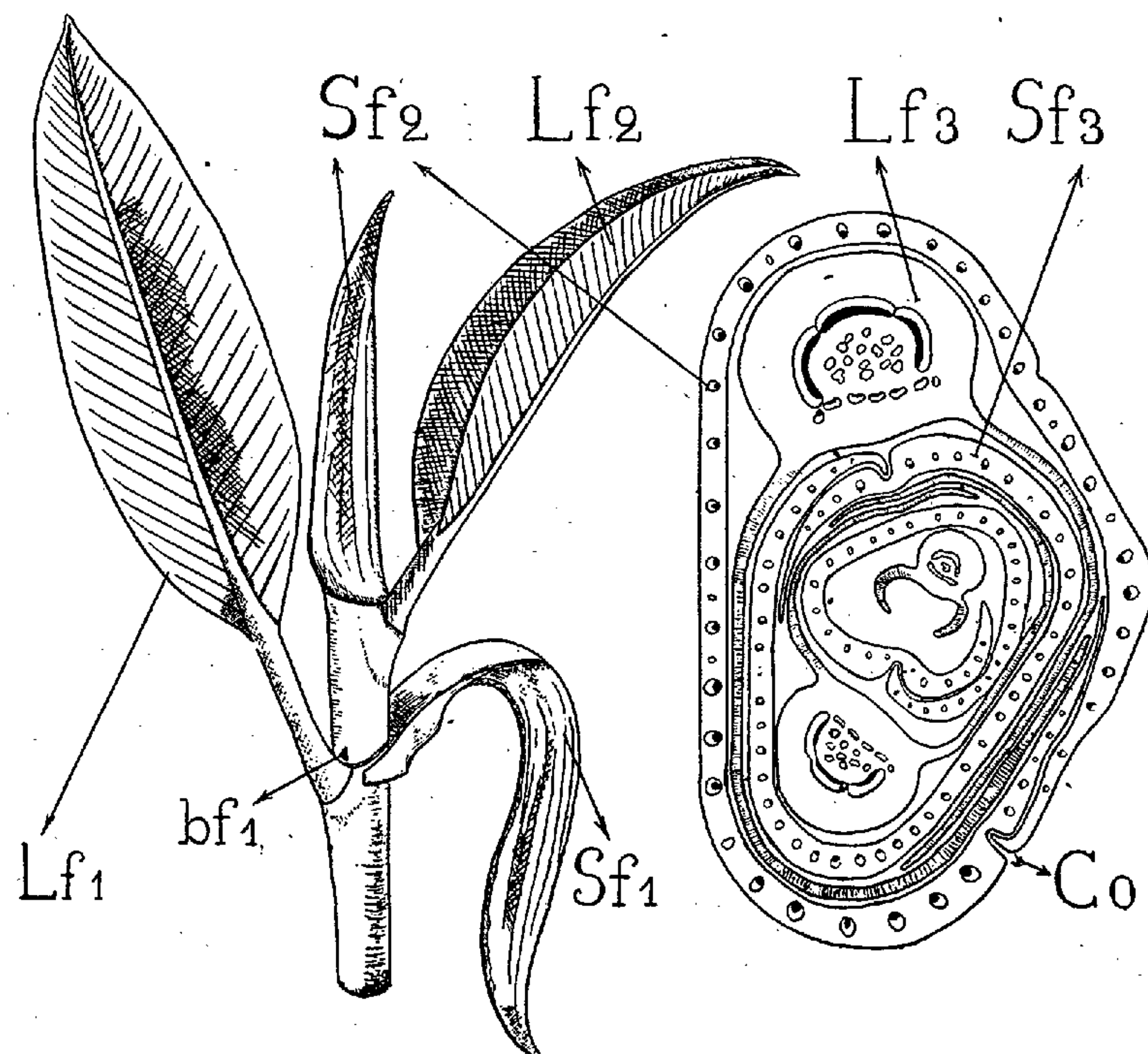
Extérieurement on ne peut voir qu'un seul étui stipulaire (S*f* 2), inséré autour de la tige au niveau supérieur de la base pétiolaire de la dernière feuille épanouie (L*f* 2); il cache les autres pièces plus jeunes (L*f* 3, S*f* 3, etc.), prenant rapidement la coloration rouge que l'on retrouve, à la face inférieure du pétiole et de la nervure médiane du limbe. Il s'entr'ouvre longitudinalement lorsqu'il a atteint de 15 à 25^{cm} de long, libérant une feuille qui était enroulée suivant l'axe de la tige; elle s'épanouit presque aussitôt et découvre à son tour un nouvel étui apical (S*f* 2 par exemple). Le précédent (S*f* 1) se flétrit dès son ouverture, puis il tombe en laissant sur la tige une cicatrice circulaire qui passe entre le bourgeon axillaire (*bf* 1) et le pétiole de la feuille correspondante (L*f* 1); les cicatrices successives persistent et s'observent à chaque nœud sous forme d'un fin bourrelet.

Chaque étui représente les stipules caduques d'une feuille, unies en une seule pièce, à nervation parallèle et enveloppant dans le bourgeon la feuille sus-jacente. Sa fermeture hermétique provient d'une coaptation (Co) qui rappelle celle du bouton floral du Lis (2) et les dispositifs d'accrochage des ailes de nombreux Insectes (3). Mais cette coaptation ne réalise pas ici un couplage d'organes car l'accrochage affecte les deux bords d'une pièce unique enroulée sur elle-même. Près d'un bord de l'étui et sur toute sa longueur, il

---

(1) *Organographie der Pflanzen*, 3, Iena, 1933, p. 1642.
(2) H. Scott, *An introduction to Structural Botany*, Londres, 1894, p. 150.
(3) A. Tétry, *Les outils chez les Êtres vivants*, Paris, 1948.

existe une profonde et étroite rainure dans laquelle s'engage l'autre bord aminci et recourbé à angle droit. La fermeture persiste plus ou moins longtemps selon la rapidité de la croissance, souvent pendant plusieurs semaines. Plus tard, à la rigidité des tissus fait suite une certaine flaccidité; les deux parties ajustées ont tendance à se disjoindre et l'ouverture s'effectue sous la pression de la feuille enfermée lorsque le limbe a déjà atteint une taille considérable, de 15 à 17^{cm} de long et même parfois davantage.



Ficus elastica : sommet de la tige feuillée et coupe transversale du bourgeon terminal; L*f* 1, L*f* 2, L*f* 3, limbes foliaires successifs; S*f* 1, S*f* 2, S*f* 3, étuis stipulaires successifs; Co, coaptation; *bf* 1, bourgeon axillaire; S*f* 1, étui flétri après son ouverture.

L'histogénèse de l'étui stipulaire est étroitement liée à son rôle. Il s'agit, au début du développement, d'une lame relativement épaisse constituée par un parenchyme ordinaire compact riche en laticifères et parcouru par une cinquantaine de petits faisceaux libéro-ligneux; le liber a tendance à entourer les vaisseaux. Aussi peut-on observer tous les intermédiaires entre les dispositions superposée et pseudo-centrique. L'épiderme externe ou inférieur montre des cellules plus hautes que larges, et l'épiderme interne, au contraire, est formé de cellules aplaties; il ne diffère cependant pas de l'épiderme externe, au bord recourbé de l'étui. Plus tard le parenchyme devient lacuneux à l'exception de quelques assises sous-épidermiques qui demeurent aplaties suivant la face interne, hautes et collenchymateuses suivant la face externe. Au

moment de l'ouverture, les lacunes sont devenues immenses et les cellules entrent en voie de dégénérescence.

Ainsi chaque étui stipulaire protège dans le bourgeon terminal géant du *Ficus elastica* la feuille sus-jacente pendant la majeure partie de sa croissance.

PHYSIOLOGIE. — *Deux cas de résurrection, l'un après 7 minutes, l'autre après* 31 *minutes d'arrêt du cœur.* Note de MM. **Henri Métras**, **Michel Warnery**, **Louis Hartung** et **Pierre Rochu**, présentée par M. Léon Binet.

Les problèmes soulevés par l'arrêt du cœur ont, ces dernières années, attiré tout spécialement l'attention des expérimentateurs et des cliniciens. Les deux observations que nous rapportons ont permis de mettre en œuvre avec succès les manœuvres préconisées par les physiologistes.

Observation I. — M. Gu... (clinique Saint-Victor), 51 ans, est atteint d'un volumineux cancer bronchique avec paralysie récurrentielle gauche et paralysie du phrénique. Le 22 juillet 1950, on pratique une très large thoracotomie gauche. Le cancer envahit tout le hile. Le péricarde largement ouvert, on entreprend la dissection de l'artère pulmonaire. Celle-ci est envahie jusqu'à sa bifurcation. Une blessure du vaisseau entraîne une hémorragie considérable, sans doute plus d'un litre en une minute. On arrive à maîtriser celle-ci. Le cœur est alors arrêté. Un litre de sang est injecté immédiatement par la perfusion avec 20^{cm^3} de syncaïne. Le massage est commencé alors que le cœur n'a pas plus de 30 secondes d'arrêt. Dans un bain de syncaïne, le cœur est énergiquement massé et, 7 minutes après le début, on enregistre les premiers battements cardiaques spontanés. L'intervention est terminée, après de nombreuses difficultés, par une suture directe sur l'oreillette, les veines étant envahies par le processus tumoral, de même que l'artère qui est suturée sur sa bifurcation. Cinq litres de sang ont été nécessaires pour mener à bien l'opération. Les suites furent normales et, trois mois après, le malade était en excellente santé.

Observation II. — Tr..., âgé de 38 ans, présente, trois mois et vingt jours après une pneumonectomie pour tuberculose, en pleine santé, une fistule bronchique. Il est réopéré le 2 mai 1950, en présence du Dr. Brown, chirurgien thoracique de St-Thomas Hospital de Londres. Au cours de l'intervention, le cœur s'arrête, sans doute par anoxémie. Tout de suite après, le péricarde est ouvert pour maîtriser une hémorragie de la veine pulmonaire. Le massage est commencé 45 secondes environ après l'arrêt du cœur. Ce massage a duré 27 minutes avant que le cœur batte spontanément. Nous n'avons continué le massage que sur l'indication que l'anesthésiste nous donnait, c'est-à-dire la persistance de la contraction des muscles de la pupille; celle-ci se dilatait, en effet, dès que l'on arrêtait le massage cardiaque. Nous assistons ensuite à deux autres arrêts, l'un de 3 minutes, l'autre de 1 minute, avec début de fibril-

lation la troisième fois. L'intervention est terminée, et le malade ramené dans son lit, y est surveillé attentivement. La respiration a repris tout de suite, spontanément, lors de l'enlèvement du tube trachéal. Une demi-heure environ après la fin de l'intervention, il répondait aux ordres qu'on lui donnait : *tirez la langue, ouvrez les yeux*. Une heure après, il reconnaissait les personnes qui l'entouraient. Le réveil fut *absolument normal, et jamais le malade n'a présenté le moindre trouble psychique ni neurologique*.

La tension artérielle, à 8, est restée à ce chiffre pendant 24 heures. Elle était à 10 le lendemain. Un électro-cardiogramme a été fait 24 heures après l'arrêt du cœur, et un second, huit jours après. Le docteur Rochu rapportera cette observation électro-cardiologique plus en détail. Les suites opératoires s'annonçaient bonnes; du 8e jour au 13e jour, le malade n'eut pas de température et la paroi était convenable. Mais la fièvre réapparut et, le 21e jour après l'opération, le malade mourut d'une hémoptysie foudroyante. L'autopsie ne put être effectuée.

Ces observations appellent quelques brefs commentaires. Le succès de la résurrection semble dû :

Au massage immédiat. — Seul le massage est efficace, c'est lui qu'il faut pratiquer le plus rapidement possible. Dans nos deux observations, il s'agissait d'une thoracotomie gauche, la plus favorable pour la rapidité et l'efficacité du massage. Quant à la technique du massage, c'est l'expression du cœur à pleine main depuis la base jusqu'à la pointe, d'un mouvement lent, énergique, progressif et sans heurt, qui permet de sentir l'évacuation complète des cavités par le contact des parois. L'hématome sous-épicardique à la pointe du cœur (Obs. II) était le témoignage de la vigueur, peut-être trop grande, de ce massage. Mais ces lésions à l'électro-cardiogramme étaient en voie de disparition et n'avaient entraîné aucune complication. Le massage du cœur assure une perfusion oxygénée suffisante du cerveau. Les pupilles en myosis en étaient le test indiscutable, test qui cessait dès que l'on arrêtait le massage. Après l'intervention, l'absence de tout symptôme et signe psychique ou neurologique exprime la qualité de la perfusion du cerveau.

A la syncaïne. — En perfusion, elle diminue l'irritabilité du myocarde, la syncaïne passant à travers les coronaires. Nous avons employé plusieurs fois 20^{cm^3} en solution à 1 %. L'épicarde a constamment baigné dans une solution de syncaïne. Le but de la syncaïne est surtout d'éviter la fibrillation. Il semble que dans nos deux cas, elle ait rendu des services éminents dans ce sens, car, au cours du second massage, nous avons commencé à voir apparaître des signes de fibrillation (Obs. II).

A l'oxygénation, constante et patiente, faite ici sans difficulté, au rythme de 20 à 25 par minute, le malade étant en circuit fermé et intubé.

Ces facteurs de revivification cardiaque très brièvement exposés sont ceux depuis longtemps établis par les physiologistes et les expérimentateurs.

Léon Binet et M. V. Strumza ([1]) ont encore insisté récemment en rappelant les effets utiles des compressions manuelles transdiaphragmatiques du cœur du chien et l'inhalation d'oxygène pur pour ranimer le cœur arrêté par anoxémie. Notre observation est en tout point comparable à ce que l'expérimentation leur a appris. Mais chez l'homme, le massage transdiaphragmatique peu efficace doit céder le pas au massage direct. C'est là qu'intervient l'esprit de décision du chirurgien, si le malade n'a pas le thorax ouvert. Mais quel danger y a-t-il à ouvrir largement un hémithorax sur un sujet en état de mort apparente?

PHYSIOLOGIE. — *De l'emploi de l'oxyde de titane pour l'étude quantitative de l'absorption intestinale.* Note (*) de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Léon Binet.

Les coefficients d'utilisation digestive des principes nutritifs ont surtout été déterminés par la méthode des bilans. Mais, dès 1874, Wildt proposait une méthode indirecte basée sur l'emploi d'une matière inerte ([1]). Plus récemment, Bergeim ([2]) donnait quelque impulsion à cette méthode, mais la matière inerte qu'il employait (l'oxyde de fer), s'est révélée inapte ([3]). D'autres matières ont été employées dont certaines (la silice, l'oxyde de chrome) se prêtent bien à des études d'utilisation digestive globale. En principe, cette méthode générale qui fournit le coefficient d'utilisation digestive d'un principe nutritif quelconque par le calcul du rapport du poids du principe envisagé au poids de la matière inerte, dans la ration et dans les fèces, s'applique au contenu des diverses portions du tube digestif. Elle conduit à une *étude quantitative* de l'absorption.

Mais il faut disposer d'une matière inerte, non absorbable, décelable avec précision en petite quantité, afin de ne pas charger notablement le régime et de permettre l'usage de petits animaux qui, seuls, se prêtent à des études en série. Il faut s'assurer que la vitesse de transit de cette matière est rigoureusement la même que celle du principe nutritif étudié. Il est, de plus, préférable que ses caractères analytiques la distinguent des composants normaux des tissus.

Ces exigences nous ont conduit à choisir l'oxyde de titane O_2Ti, corps insoluble à la fois dans les bases et les acides forts, et dont les quantités

---

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1491-1944, et 231, 1950, p. 676-678.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

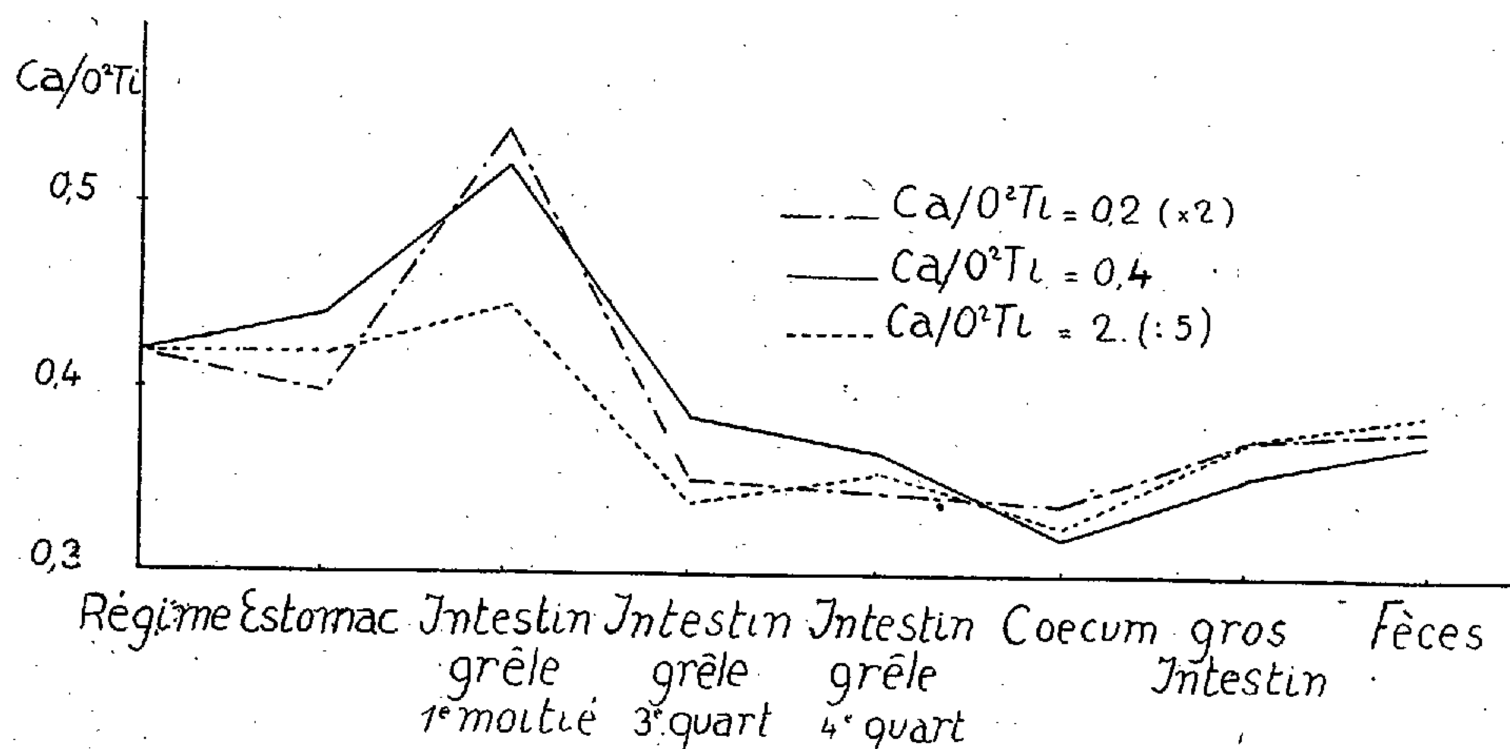
([1]) E. Wildt, *J. Landwirtsch.*, 22, 1874, p. 1; 27, 1879, p. 177.

([2]) *J. Biol. Chem.*, 70, 1926, p. 29-33.

([3]) V. G. Heller, C. H. Breedlove et W. Likely, *J. Biol. Chem.*, 79, 1928, p. 275-282.

ingérées sont exactement retrouvées dans les fèces. Ce corps n'agit pas sur l'appétit des rats. Le sang, le foie, le rein, l'urine de rats nourris pendant 15 jours avec un régime renfermant 1 % de son poids de O_2Ti ne contiennent pas de quantité de titane décelable par la méthode classique de dosage ([1]) que nous employons. La sensibilité de la méthode permet l'usage de prises d'essai renfermant $10^{\mu g}$ de titane, ce qui, pour des rats recevant un régime à 1 % de son poids sec de O_2Ti, permettrait de faire 10 000 prélèvements dans l'ensemble du contenu gastro-intestinal.

Nous avons minutieusement étudié la vitesse de transit de O_2Ti par rapport aux autres constituants du régime, en particulier le calcium, donné sous forme de carbonate à raison de 420^{mg} de calcium pour 100^g secs de régime. Des rats adultes mâles, répartis en trois lots de trois animaux, reçoivent, pendant une semaine et dans les mêmes conditions, des régimes ne différant, suivant les lots, que par leur teneur en O_2Ti, respectivement de 2^g, 1^g et $0^g,2$ pour 100^g secs. Ils sont sacrifiés. Calcium et O_2Ti sont dosés dans des prélèvements faits à différents niveaux du tube digestif, et le rapport Ca/O_2Ti est calculé. Les courbes du graphique représentent les variations de ce rapport. Les rapports obtenus pour les rats d'un des lots ont été multipliés par 2; ils ont été divisés par 5 pour un second lot, afin de ramener toutes les courbes à la même échelle. Les courbes sont semblables, ce qui signifie que les vitesses de transit de l'oxyde de titane et du calcium sont constantes l'une par rapport à l'autre, quelle que soit la quantité de O_2Ti ingérée.



Si les vitesses de transit de Ca et de O_2Ti étaient différentes, on devrait, du fait du fonctionnement pylorique, trouver, dès l'estomac, des rapports Ca/O_2Ti variant en fonction du moment de la digestion où les prélèvements sont faits.

([1]) G. Charlot et D. Bézier, *Méthodes modernes d'analyse quantitative minérale*, Paris, 1945, p. 330.

L'examen des chiffres du tableau montre que, pour le Rat en équilibre calcique, ce rapport est sensiblement le même que celui du régime, en cours de digestion stomacale (Rat n° 2) ou à la fin (Rat n° 1).

Numéros des Rats.	Rapport Ca/O_2Ti du régime.	Rapport Ca/O_2Ti du contenu stomacal.	Poids de régime dans l'estomac (g de matière sèche).
1..............	0,81	0,79	0,09
2..............	0,81	0,76	1,2
7..............	0,24	0,22	1,9
8..............	0,24	0,23	0,6
11..............	0,016	0,017	0,8

D'autre part, après six heures de jeûne, l'estomac d'un rat ne renfermait pas la moindre trace d'O_2Ti, alors que l'estomac d'un autre rat en contenait une quantité correspondant approximativement à 8^{mg} de régime sec. Après 24 heures de jeûne, l'estomac et l'intestin grêle des rats ne contiennent plus la moindre trace d'O_2Ti, et les faibles quantités de calcium qu'ils renferment sont comparables à celles que l'on trouve dans l'estomac et l'intestin grêle des rats nourris avec des régimes purifiés, extrêmement pauvres en calcium.

BIOLOGIE. — *L'auto-stérilisation chez les chrysalides de* Bombyx mori *L.* Note (*) de Mlle **Anne Raffy**, présentée par M. Paul Portier.

Les chrysalides de *Bombyx mori* L., contaminées au début par les microorganismes du tube digestif, subissent une auto-purification progressive et deviennent aseptiques vers le dixième jour qui suit la métamorphose. Aucun processus antibiotique ne semble intervenir dans cette auto-purification.

On a constaté (1) que des chrysalides, examinées quelque temps après leur transformation étaient aseptiques. Il semble donc que les microorganismes contenus dans le tube digestif de la chenille aient disparu.

Le présent travail a pour objet de vérifier ce fait et de préciser la date de cette auto-purification.

Nous avons opéré sur des élevages de *Bombyx mori* L.

Nous avons noté le jour du filage du cocon et pris cette date comme point de départ de la formation des chrysalides. Nous avons régulièrement sacrifié les chrysalides d'un même lot. Nous aseptisions extérieurement les cocons à l'alcool et à la flamme et nous les ouvrions avec des ciseaux stériles. Les chrysalides reçues dans des boîtes de Pétri stériles étaient aussitôt légèrement incisées et nous en prélevions rapidement le contenu à la pipette Pasteur, avec lequel nous ensemencions soit des tubes de gélose ordinaire, soit des tubes de

(*) Séance du 20 novembre 1950.

(1) *Voir* P. Portier : *La biologie des Lépidoptères*, 1949, Paris, p. 65

gélose enrichie avec de la poudre de chrysalides. Les premiers ensemencements cultivaient rapidement.

Par comparaison, nous avons fait des cultures à partir du contenu du tube digestif des chenilles ou de leur dernier excrément. Nous avons eu une flore très variée dont voici un exemple d'orientation. Sur neuf souches isolées : un bacille à Gram négatif, un bacille à Gram positif et sept cocci à Gram positif, probablement du type staphylocoque. Nous n'avons pas observé de Champignons.

Les chrysalides des premiers jours renfermaient encore tous ces micro-organismes, puis ceux-ci devenaient de plus en plus rares et finalement nous n'avons plus obtenu de cultures. Ces chrysalides étaient devenues stériles. Dans des lots de chenilles en parfaite santé (2) nous avons constaté que cette auto-purification se faisait le dixième ou le onzième jour à partir de la formation du cocon. A ce stade les chrysalides ne renferment plus aucun germe susceptible de se développer *in vitro* sur gélose ordinaire ou enrichie avec de la poudre de chrysalides.

Nous avons pensé que cette auto-stérilisation pouvait être due à une action antibiotique des substances présentes dans les chrysalides (3). Nous avons cherché à mettre cette action en évidence en préparant des boîtes de gélose renfermant des germes isolés dans les cultures des ensemencements pratiqués avec les chrysalides non encore stériles. Au centre de la boîte, dans une cellule de Van Tieghem était placé le contenu de ces chrysalides devenues stériles ou bien nous tracions des stries parallèles sur la gélose. Chaque strie était enduite de l'une des souches des cultures, tandis que le contenu de la chrysalide humectait une grande strie qui leur était perpendiculaire (4).

Le contenu de la chrysalide était parfois prélevé directement dans une seule chrysalide. Parfois, nous avons pris un grand nombre de chrysalides, nous les avons broyées au mortier stérile. Le broyat filtré sur papier stérile a été utilisé tel quel, ou filtré auparavant sur bougie Chamberland.

Dans tous les cas, les boîtes de Petri ont présenté rapidement les cultures de tous les microbes introduits. Aucune substance antibiotique n'existait dans ces préparations. Aucune action bactéricide sur les germes antérieurement contenus dans les chrysalides n'a pu être mise en évidence.

---

(2) Nous avons utilisé des chrysalides provenant de la station de recherches séricicoles d'Alès, de la Stazione bacologica espérimentale de Padoue et de quelques élevages personnels.

(3) M. Pavan a recherché les antibiotiques chez des larves de Lépidoptères. (*Citotroga cerealella* Oliv.; *Thaumetopea pityocampa* Sch. *Cossus et Cossus* L.). Les résultats sont négatifs. *La Ricerca scientifica*, 19e an., 1949, 9, p. 1011-1017.

(4) Nous avons pratiqué la recherche des substances antibiotiques en collaboration avec Mlle M. Couteau dans le Laboratoire de M. Magrou d'après les techniques indiquées dans le livre de R. Martin, B. Sureau, F. Nitti et J. Berrod, *La pénicilline*, Paris, 1945, p. 27.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Inhibition partielle de la régénération chez la planaire marine* Procerodes lobata *O. Schmidt.* Note de Mlle **Rosine Chandebois**, présentée par M. Maurice Caullery.

Procerodes lobata, Planaire triclade euryhaline, très commune dans le golfe de Marseille, présente des facultés de régénération déjà observées par Lus (¹).

En étudiant la régénération le long de sections transversales, dans de l'eau de mer additionnée de 15^g de ClNa par litre, à la température de 25°, j'ai obtenu un grand nombre de têtes tératologiques qui diffèrent de toutes celles qui ont été décrites jusqu'à présent par leur caractère *asymétrique*.

a. Dans un premier type, que nous conviendrons d'appeler *asymétrique à deux yeux*, l'une des deux moitiés de la section produit une moitié de tête complète, l'autre moitié ne se différenciant jamais complètement. La moitié de tête la plus avancée acquiert son œil la première; le deuxième œil apparaît en général un jour après, au même niveau que l'autre.

b. Dans un deuxième type, que nous conviendrons d'appeler *asymétrique à un œil*, une des deux moitiés du régénérat fait complètement défaut, ou se réduit à une petite bordure indifférenciée, l'autre moitié organisant une demi-tête normale.

Ces formes sont, avec la même fréquence, droites ou gauches.

Ces phénomènes ne sont pas particuliers à la régénération de la tête; j'ai obtenu également, par le même moyen, des demi-queues à partir de morceaux antérieurs sectionnés au niveau de la bouche.

Les têtes asymétriques peuvent se régulariser secondairement, surtout si elles sont remises dans de l'eau de mer normale.

Cette régulation n'est pas due à une reprise de la croissance du blastème retardé, mais à une sorte de régénération latérale par le côté le plus avancé, qui différencie d'abord l'auricule manquant, et, dans le cas des asymétriques à un œil, le deuxième œil, toujours au même niveau que le premier.

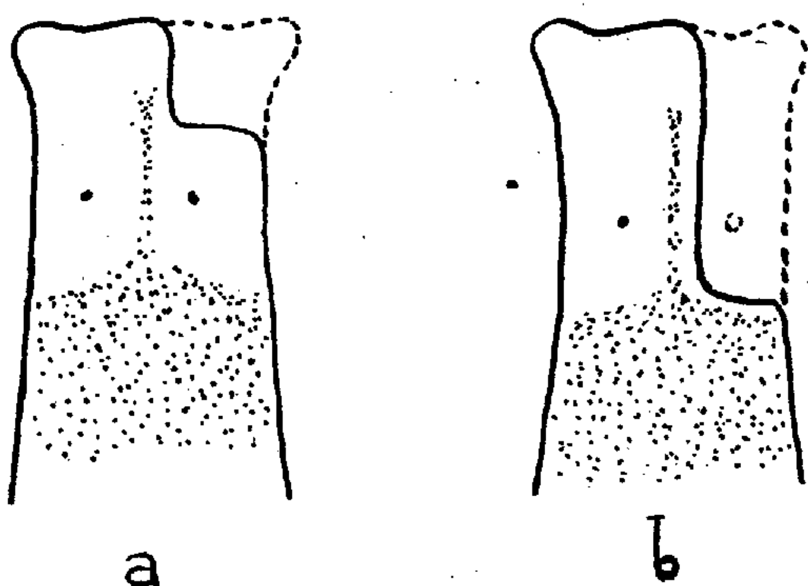
Le niveau de la section influe sur la fréquence de ces anomalies. En sectionnant immédiatement derrière les yeux, j'ai obtenu environ 50 % de formes (*a*), 20 % de formes (*b*), 30 % de formes normales. En sectionnant un peu en avant du pharynx, je n'ai pas obtenu de formes normales, mais uniquement des formes (*a*) et (*b*) en nombres sensiblement égaux.

En suivant le développement de ces formes, j'ai constaté que le début de la régénération était, par rapport aux formes normales, retardé de 1 à 5 jours pour les types (*a*) et de 4 à 13 jours pour les types (*b*). Les nécroses qui précèdent la cicatrisation persistent toujours plus longtemps du côté où le blastème sera inhibé ou retardé. Une fois le blastème constitué, les phénomènes

(¹) *Arch. f. Entw. Mech.*, 108, 1926, p. 203.

de régénération évoluent sensiblement à la même vitesse que dans un régénérat complet du même niveau.

Ainsi, ces anomalies sont en corrélation très nette avec le retard dans la cicatrisation et la formation du blastème.



Ce retard influence tout le développement ultérieur du blastème et, au delà d'une certaine limite, rend impossible la constitution d'un blastème susceptible d'évolution. De plus, l'influence de la concentration saline paraît réaliser une *dissociation chronologique* entre les processus de cicatrisation et les phénomènes d'appel de néoblastes [Dubois (2)] qui conduisent normalement à la formation du blastème.

Le caractère asymétrique du phénomène reste difficile à interpréter. On peut le rapprocher d'une certaine tendance à l'indépendance physiologique et morphogénétique entre les deux moitiés du corps, qui se manifeste également dans certains cas exceptionnels d'hétéromorphose observés dans cette espèce (régénération d'une tête et d'une queue sur la même section transversale).

La différenciation de ces régénérats asymétriques confirme les expériences d'Abeloos (3) montrant qu'une demi-section transversale n'organise dans le blastème qu'une moitié de tête.

BIOCHIMIE. — *La fermentation anaérobie de* Escherichia coli *considérée dans ses rapports avec l'adaptation enzymatique*. Note (*) de Mlle **Catherine B. Fowler**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que les anaérobies facultatifs métabolisent plus de glucose en anaérobiose qu'en aérobiose (1). Nous avons étudié les variations du méta-

(2) *Bull. Biol. France-Belgique*, 83, 1949.
(3) *Bull. Biol. France-Belgique*, 64, 1930.

(*) Séance du 27 novembre 1950.
(1) L. Pasteur, *Études sur la bière*.

bolisme de *E. coli* au cours du passage de l'aérobiose à l'anaérobiose et *vice versa*. La souche (ML) était cultivée en milieu synthétique glucosé. L'anaérobiose était réalisée par passage d'un mélange d'azote à 5 % de CO_2 purifié sur du Cu chauffé au rouge. La croissance était évaluée en densité optique, le glucose dosé par la méthode de Somogyi-Nelson.

Le remplacement, dans une culture en voie de croissance exponentielle, de l'air par le mélange N/CO_2 entraîne l'arrêt immédiat du développement (*fig.* 1). Après 30 à 50 minutes, la croissance reprend et atteint à très peu près la même vitesse qu'en aérobiose. Durant la période de latence qui suit l'instauration de l'anaérobiose, il n'y a pas de consommation mesurable de glucose. Celle-ci

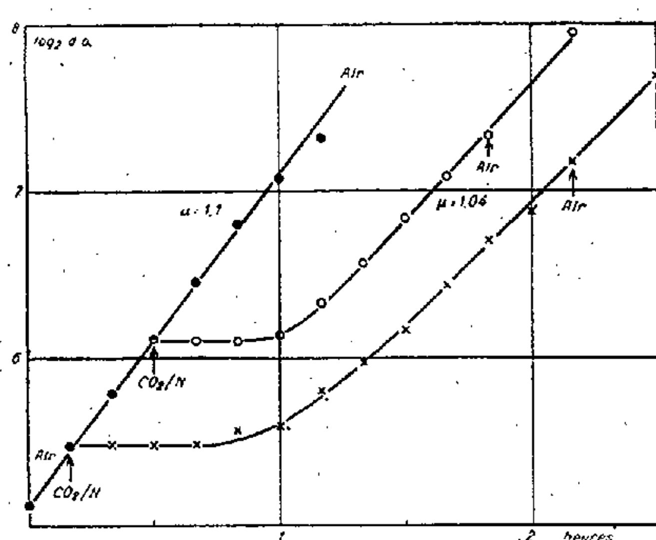


Fig. 1.

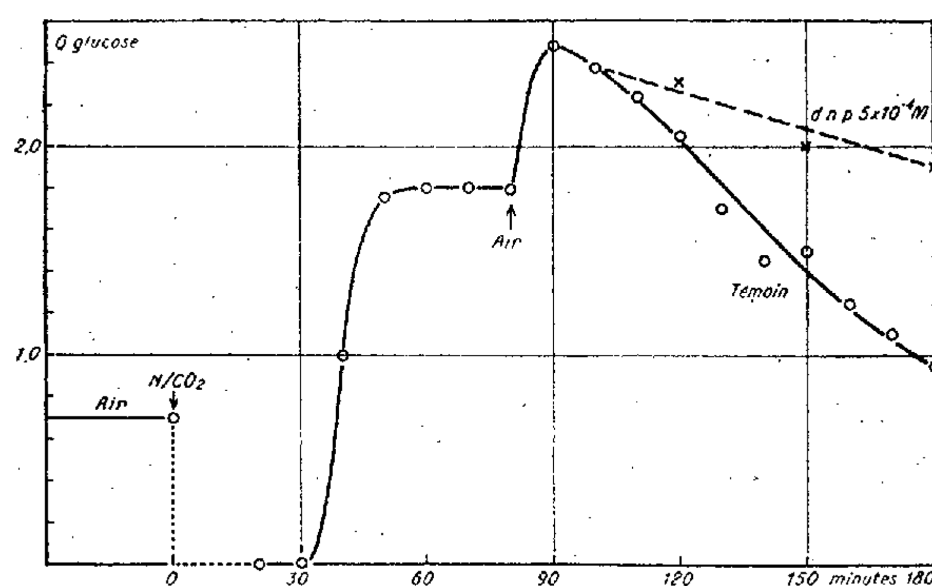


Fig. 2.

commence juste avant le début de la croissance et augmente rapidement jusqu'à atteindre 2,5 fois la consommation aérobie [*fig.* 2 où Q glucose (Qg) représente le nombre de μM de glucose consommé en 10 minutes par 1^{cm^3} de culture de densité optique 1 000, soit environ $0^{mg},7$ de poids sec]. Durant cette période, la production de CO_2 est multipliée par un facteur 10 environ.

L'augmentation anaérobie de la fermentation est totalement inhibée par le 2.4-dinitrophénol (d.n.p.) 2.10^{-3}M. A cette concentration, le d.n.p. est sans effet sur l'intensité de la fermentation, une fois celle-ci établie. L'infection des bactéries par un bactériophage avant le passage en anaérobiose empêche également l'augmentation de la consommation de glucose. Enfin, un aliment azoté assimilable est nécessaire aussi bien pour l'accroissement que pour le maintien de l'activité fermentaire. En son absence, l'activité fermentaire (QCO_2) disparaît en 5 à 15 minutes complètement.

Si une culture anaérobie à pouvoir fermentaire élevé est aérée, il y a tout d'abord une augmentation de 5 à 30 % de la consommation de glucose. C'est ce qui arriverait si le glucose était métabolisé simultanément par les mécanismes aérobie et anaérobie, et l'on trouve effectivement que le Qg représente à peu près la somme des Qg aérobie et anaérobie. Après cette augmentation, le Qg décroît jusqu'à sa valeur aérobie; le pouvoir fermentaire a alors complè-

tement disparu. Le d.n.p. 5.10^{-4} M empêche la diminution du QCO_2 et freine la diminution du Qg.

L'ensemble de ces résultats suggère que l'utilisation anaérobie du glucose par *E. Coli* dépend d'un système enzymatique adaptatif. L'adaptation, comme dans d'autres cas, est inhibée par le d. n. p. ([2]) et le bactériophage ([3]). Le système adaptatif est très labile, car il y a désadaptation rapide en l'absence d'azote ou en présence d'air. Le d. n. p., ici comme ailleurs ([4]), empêche la désadaptation.

Les variations de la consommation de glucose ont été mesurées, comme dans les expériences de Pasteur, dans des conditions permettant la croissance. Après Pasteur les chercheurs ont généralement utilisé des microbes centrifugés, lavés et mis en suspension dans des milieux impropres à la croissance. La différence des techniques explique sans doute pourquoi, contrairement à nos prédécesseurs, nous trouvons une augmentation initiale de la consommation de glucose au moment du passage de l'anaérobiose à l'aérobiose.

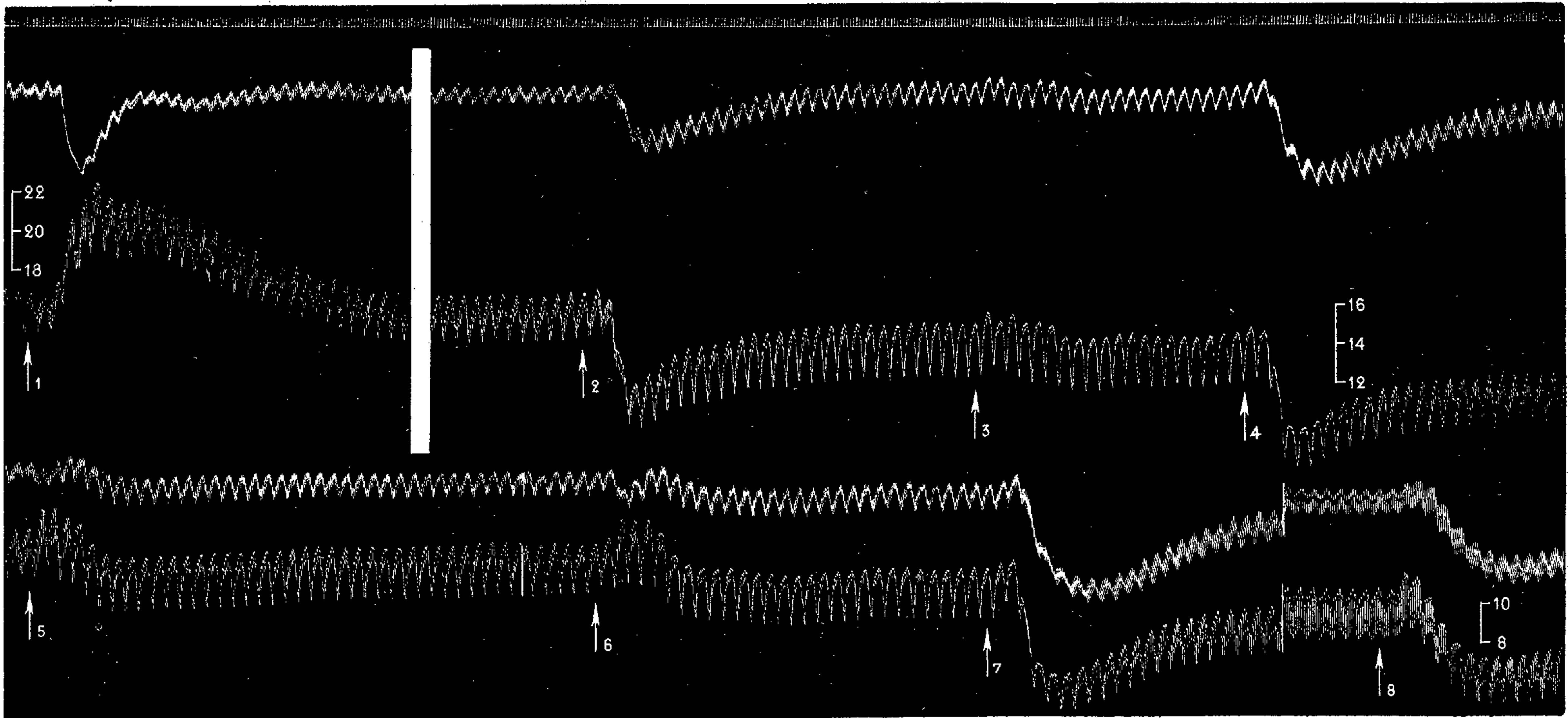
De nombreuses théories ([5]) ont été proposées pour interpréter l'observation fondamentale de Pasteur. Nos résultats suggèrent : 1° que chez les bactéries cultivées en aérobiose, l'air inhibe, non pas le fonctionnement, mais la synthèse d'un ou plusieurs enzymes du système fermentaire; 2° que chez les bactéries préalablement cultivées en anaérobiose, l'air entraîne l'inactivation ou la disparition de ce système enzymatique. Celui-ci, de toute façon, devra être identifié.

PHARMACOLOGIE. — *Le sulfate d'alstonine possède-t-il l'activité physiologique essentielle de l'acide tétradéhydroyohimbique?* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré que le spectre d'absorption U. V. du sulfate d'alstonine est très voisin de celui de l'acide tétradéhydroyohimbique et en avons conclu que ces substances doivent posséder le même chromogène. Mais parce que ce dernier ne constitue qu'une portion de la molécule et qu'au surplus il demeure hypothétique puisque la formule développée de l'acide tétradéhydroyohimbique ne paraît pas encore définitivement établie, il nous a paru nécessaire, pour nous assurer de la similitude de constitution de cette substance et du sulfate d'alstonine de comparer leurs effets pharmacologiques. L'action sympathicolytique majeure de l'acide tétradéhydroyohimbique nous étant depuis longtemps connue, nous devions nous demander si cette action appartient

---

([2]) J. Monod, *Ann. Inst. Pasteur*, 70, 1944, p. 381.
([3]) J. Monod et E. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, 73, 1947, p. 937.
([4]) S. Spiegelman, J. Reiner et R. Dunn, *J. gen. Physiol.*, 31, 1947.
([5]) F. Lipmann, *Symposium on respiratory enzymes*, University of Chicago Press, 1941.



Expérience du 23 juin 1948. Chien de 10^{kg}, anesthésié par le chloralose (12^{cg} par kg), bivagotomisé et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : chronogramme en secondes. 2e et 4e lignes : oncogramme. 3e et 5e lignes : tensiogramme carotidien. On a injecté dans la saphène, en 1, 3, 5 et 8, 0^{mg},005, en 6, 0^{mg},010 de bitartrate d'adrénaline de Hœchst, en 2, 10^{mg}; en 4, 20^{mg}, enfin en 7, 40^{mg} de sulfate d'alstonine préparé par Sharp, dissous dans le soluté physiologique de chlorure de sodium, à la concentration de 4^{mg} par cm^{3}. Tracé réduit de moitié.

également au sulfate d'alstonine. Or pour K. G. Wakim et K. K. Chen, l'alstonine n'inverse jamais l'hypertension adrénalinique chez le Chien et le Chat, et ce ne serait qu'exceptionnellement qu'elle pourrait l'inverser chez le Rat.

Nos expériences montrent que, contrairement aux affirmations ci-dessus, l'alstonine, sous forme de sulfate, inverse très nettement chez le Chien l'action hypertensive des doses moyennes d'adrénaline et qu'en outre elle abolit complètement l'action vaso-constrictive rénale de celles-ci.

C'est ainsi que, comme le montre le tracé ci-joint, une dose d'adrénaline qui entraînait initialement une forte hypertension faisant passer la pression carotidienne de 170 à 225, soit à 55^{mm} au-dessus de son niveau initial et une vaso-constriction du rein bien marquée avec abolition subtotale du pouls de cet organe pendant la phase descendante de l'oncogramme, n'a plus provoqué, à la suite de l'injection de 1^{mg} de sulfate d'alstonine par kilogramme, d'une part qu'une nette et assez durable diminution de la pression carotidienne (de 9^{mm} au-dessous de son niveau initial) succédant à une très faible et très passagère élévation de celle-ci (de 5^{mm} au-dessus de ce même niveau), d'autre part que des variations du volume du rein à peu près parallèles à celles de la pression carotidienne et ne s'accompagnant d'aucune réduction apparente du pouls de cet organe. Quand l'animal fut soumis à la dose totale de 5^{mg} de sulfate d'alstonine par kilogramme, l'inversion de l'action hypertensive de l'adrénaline se traduisit par une baisse beaucoup plus marquée de la pression carotidienne, puisqu'elle atteignit 36^{mm} de Hg alors que l'élévation initiale et passagère de cette pression ne dépassait pas 8^{mm}. Ici aussi les variations du volume du rein se sont montrées parallèles à celles de la pression carotidienne.

ENTOMOLOGIE AGRICOLE. — *Remarques sur l'action toxique persistante de l'hexachlorocyclohexane dans le sol.* Note (*) de M. **Jacques d'Aguilar**, présentée par M. Émile Roubaud.

Observations et expériences montrant la conservation d'une action toxique de l'hexachlorocyclohexane contre les larves d'*Agriotes*, pendant au moins quatre années, dans les cultures traitées à 15-30^{kg} de produit technique à l'hectare.

A la suite d'observations et d'expériences poursuivies depuis 1947, à Pleyber-Christ (Finistère) sur les ravages des Taupins ou Agriotes dans les plantations diverses, nous avons été en mesure de préciser l'action toxique persistante dans le sol, de l'hexachlorocyclohexane, sur certaines espèces (*Agriotes obscurus* L., *A. sputator* L., *A. lineatus* L.) à l'état larvaire.

Les larves d'*Agriotes* nuisibles attaquant différentes plantes cultivées, en particulier les Pommes de terre, les Céréales et les Betteraves, il est aisé de se

(*) Séance du 27 novembre 1950.

rendre compte de l'importance d'une population de ces larves dans un champ, d'après les dégâts commis sur les cultures. En vue d'apprécier les variations existant dans les populations larvaires d'*Agriotes*, nous avons effectué divers dénombrements sur des cultures se succédant dans des terrains ayant reçu une application initiale de H. C. H., à des doses variant de 15 à 30^{kg} de produit technique à l'hectare.

Dans une première évaluation, nous avons noté les pieds de Céréales existant comparativement dans des parcelles traitées et des témoins. Par exemple, un Blé de Printemps, semé dans un terrain traité deux ans auparavant, à la dose de 20^{kg} de H. C. H. pur à l'hectare, donne une moyenne de 31 plants au mètre linéaire, le témoin comptant seulement 11 plants au mètre; un autre relevé montre que la même graminée semée dans un terrain traité 3 mois auparavant, à la dose de 15^{kg} de produit technique, comprenait une moyenne de 20 pieds au mètre, alors que le témoin n'en comportait que 15.

Dans une autre évaluation, nous avons estimé la population d'*Agriotes* d'après la quantité de morsures causées aux tubercules de Pommes de terre par les larves.

L'examen a montré que dans tous les cas, les populations larvaires d'*Agriotes* vivant dans les terres ayant reçu une application d'hexachlorocyclohexane avaient été fortement réduites. Cette réduction semble d'autant plus marquée que l'application du H. C. H. est plus ancienne.

Il était nécessaire de se rendre compte si cette action toxique persistante était due à l'effet spécifiquement insecticide de la substance ou à un pouvoir répulsif qu'elle aurait été susceptible d'exercer sur les larves.

A cet effet, des expériences de laboratoire furent réalisées.

Pour caractériser l'action répulsive possible, deux cylindres de taille différentes sont placés selon le même axe, dans un bac de terre de 70×70^{cm}. Ces cylindres, construits en grillage métallique à larges mailles (2^{cm}) permettant le passage des larves, contiennent des terres de différentes natures. Le petit cylindre A, placé au centre renferme de la terre ayant reçu une application de H. C. H. en 1947, 1948 ou 1949; le second cylindre B, entourant le premier, est occupé par une terre ordinaire et par 80 larves de différents âges; enfin l'espace externe restant, C, du bac, est rempli de terre non traitée. La nourriture (grain d'orge germé) est répartie également à la surface.

Or, malgré la possibilité pour les larves de fuir la zone A et d'aller vers C, un grand nombre restèrent dans le cylindre B; quelques-unes (1/8 environ) pénétrèrent même dans la partie A et y moururent. Il ne semble donc pas que le produit exerce une action répulsive sur les larves.

Afin de démontrer l'action toxique persistante du H. C. H. dans le sol, des échantillons de terre prélevés dans des champs ayant reçu une application du produit à différentes époques, furent introduits dans de petits bacs de 25×25^{cm}.

Vingt larves d'*Agriotes* de différents âges furent placées dans chaque bac avec un tubercule de pomme de terre et laissées trois mois en observation.

Une toile métallique à très fines mailles recouvrait la partie supérieure et inférieure du bac, afin d'éviter toute fuite des insectes. Comme la durée de contact des larves avec les terres traitées a été assez longue, il est permis de supposer que les larves non retrouvées au moment des contrôles ont disparu par suite de mort et de décomposition sur place.

Parmi les nombreux essais réalisés, nous citerons un seul d'entre eux par année d'application, dans le tableau comparatif suivant :

Date d'application.	Dose de H. C. H. à l'Ha (k).	Individus vivants (larves nymphes ou adultes).	Larves présentant des symptômes d'intoxication.	Intoxication relative (%).
Printemps 1947..........	20	1	16	95
» 1948..........	15	1	17	95
» 1949..........	15	4	15	80
» 1950..........	15	8	1	60
Témoin	–	20	0	0

L'action toxique a donc été maintenue pendant au moins quatre ans.

La séance est levée à 16h.

L. B.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 14 mars 1949.)

Note présentée le 7 mars 1949, de M. *Kyrille Popoff*, Sur l'impossibilité d'atteindre le zéro des températures absolues :

Page 909, 11e ligne en remontant, *au lieu de*

$$\frac{\delta p}{\delta v} = -\frac{\left(\frac{\partial U(p, v)}{\partial v} + p\right)\frac{\partial u(p, T)}{\partial T}}{\frac{\partial U(p, v)}{\partial p} - \frac{\partial p(T, v)}{\partial T}}\,\frac{\frac{\partial p(T, v)}{\partial T}}{\frac{\partial v(p, T)}{\partial T}},$$

lire

$$\frac{\delta p}{\delta v} = -\frac{\left(\frac{\partial U(p, v)}{\partial v} + p\right)\frac{\partial v(p, T)}{\partial T}}{\frac{\partial U(p, v)}{\partial p}\cdot\frac{\partial p(T, v)}{\partial T}}\cdot\frac{\frac{\partial p(T, v)}{\partial T}}{\frac{\partial v(p, T)}{\partial T}}.$$

(*Comptes rendus* du 16 octobre 1950.)

Note présentée le 2 octobre 1950, de M. *Antoine Appert*, Topologie, uniformité, écart abstrait :

Page 754, dans la deuxième ligne du tableau 1, *au lieu de* T_3'''', *lire* T_3'''''.
» dans le tableau 3, *au lieu de* $[\mathcal{E}_2^{\star\star} \& \mathcal{E}_5]$, *lire* $[\mathcal{E}_2^{\star\star} \& \mathcal{E}_5^{\star}]$.
» à la fin de la deuxième ligne du tableau 5, *au lieu de* $\mathcal{E}_3^{\star}$, *lire* $\mathcal{E}_5^{\star}$.
» à la fin de la première ligne du tableau 6, *au lieu de* $\mathcal{E}_3^{\star\star\star} \rightleftharpoons T$, *lire* $\mathcal{E}_3^{\star\star} \rightleftharpoons T_1$.
» dans la deuxième ligne du tableau 6, *au lieu de* $\mathcal{E}_4^{\star}$, *lire* $\mathcal{E}_4$.

(*Comptes rendus* du 13 novembre 1950.)

Note présentée le même jour, de MM. *Louis Maume* et *Jacques Dulac*, Diagnostic foliaire du Blé à un âge physiologiquement déterminé :

Page 1085, dans la figure, *au lieu de* Eure-et-Loire, *lire* Eure-et-Loir.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1950 (*suite et fin*).

Galactic and extragalactic studies, XX. *On the distribution of* 78 000 *of the brighter northern galaxies*, by HARLOY SHAPLEY. Extrait de *Proceedings of the national academy of Sciences*. Vol. XXXVI, nº 3, 1950; 1 fasc. 25cm,5.

One hundred and fourth annual report of the director of the astronomical observatory of Harvard College for the year ending september 30, 1949, by HARLOV SHAPLEY. Cambridge, Mass., Published by the University, 1950; 1 fasc. 21cm.

Annals of Harvard College Observatory. Vol. LXXXVIII, nº 7, 1950. *A census of northern galaxies in an area of* 3600 *square degrees*, by HARLOV SHAPLEY, REBECCA B. JONES, VIRGINIA MC KIBBEN NAIL; 1 feuillet 30cm.

La technique du chauffage électrique. Ses applications domestiques et industrielles, par CHARLES FRÉROT. T. I. *Théories et calculs*. En annexe : *Une courte étude sur la transmission de la chaleur et sur les systèmes d'unités*. Préface d'HIPPOLYTE PARODI. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 vol. 25cm.

Encyclopédie entomologique. XXVI. *La biologie des diptères*, par EUGÈNE SÉGUY. Paris, Paul Lechevalier, 1950; 1 vol. 25cm (présenté par M. P. P. Grassé).

Publications scientifiques du Ministère de l'Air. *Équations intégrales et transformations de Laplace*, par MAURICE PARODI. Préface de HENRI VILLAT. Paris, Au Service de documentation et d'information technique de l'aéronautique, 1950 ; 1 vol. 27cm.

The Thunderstorm. Report of the thunderstorm *project*, by HORACE R. BYERS and ROSCOE R. BRAHAM. Jr. Washington, U. S. Department of Commerce, 1949; 1 vol. 26cm,5.

Technical paper, n° 1. *10-year normals of pressure tendencies and hourly station pressures of the United states*, by STATISTICS DIVISION, U. S. WEATHER BUREAU IN COOPERATION WITH THE WEATHER INFORMATION BRANCH, U. S. ARMY AIR FORCES. Washington, U. S. Government printing office, 1943 ; 1 fasc. 43cm.

Lackkunstharze, von WAGNER-SARX. München, Carl Hauser Verlag, 1950 ; 1 vol. 24cm,5.

Kunststoff-Taschenbuch, von HJ. SAECHTLING, und W. ZEBROWSKI. München, Carl Hauser Verlag ; 1 vol. 17cm.

Que sais-je? Probabilité et certitude, par ÉMILE BOREL. Paris, Presses universitaires de France, 1950 ; 1 fasc. 17cm,5.

Bibliothèque de l'Enseignement technique. Cycle de l'ingénieur. *Cours élémentaire de mathématiques supérieures. Calcul différentiel et intégral et géométrie analytique plane avec un grand nombre d'applications et d'exemples à l'usage des ingénieurs, élèves-ingénieurs, techniciens divers, étudiants*, par JEAN QUINET. Préface de RENÉ BARTHÉLEMY. T. I. *Compléments d'algèbre. Les dérivées et leurs applications*. Paris, Dunod, 1950 ; 1 fasc. 24cm.

CLAUDE BERNARD : *Lettres beaujolaises* publiées et annotées par JUSTIN GODART. Préface de HYACINTHE VINCENT. Villefranche-en-Beaujolais, Éditions du Cuvier, 1950 ; 1 vol. 19cm (présenté par M. L. Binet).

Mémorial des sciences mathématiques, publié sous le patronage de l'Académie des sciences de Paris, des Académies de Belgrade, Bruxelles, Bucarest, Stockholm (Fondation Mittag-Leffler), de la Société mathématique de France, avec la collaboration de nombreux savants. Directeur : HENRI VILLAT. Fasc. C. *Formulaire pour le calcul symbolique*, par N. W. MC LACHLAN, PIERRE HUMBERT. Fasc. 113. *Supplément en formulaire pour le calcul symbolique*, par N. W. MC. LACHLAN, PIERRE HUMBERT, L. POLI. Fasc. 114. *Les fonctions définies, positives et les fonctions complètement monotones. Leurs applications au calcul des probabilités et à la théorie des espaces distanciés*, par KY FAN. Paris, Gauthier-Villars, 1950 ; 3 fasc. 25cm.

Chimie nucléaire, par RENÉ RENAULT. Préface de MAURICE DE BROGLIE. Paris, Dunod, 1949 ; 1 vol. 24cm.

Résistance des matériaux et Élasticité. Cours professé à l'École des ponts et chaussées, par GASTON PIGEAUD. Troisième édition. T. II. Paris, Gauthier-Villars, 1950 ; 1 vol. 25cm.

Publications du Muséum national d'histoire naturelle. Supplément n° 1. *Hautes montagnes d'Afrique vers les neiges éternelles sous l'équateur*, par RENÉ JEANNEL. Paris, Éditions du Muséum, 1950 ; 1 vol. 27cm,5 (présenté par M. L. Fage).

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction, avec le concours de JULES RICHARD. Fasc. 109. *Ostracodes marins recueillis pendant les croisières du prince Albert Ier*, par LEOPOLDO GRANATA et LODOVICO DI CAPORIACCO, 1949. Fasc. 110. *Solénogastres provenant des campagnes du prince Albert Ier de Monaco*, par EUGÈNE LELOUP, 1950. Monaco, Imprimerie nationale de Monaco ; 2 fasc. 36cm.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 11 DÉCEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

M. **Gaston Julia** prononce l'allocution suivante :

Mes chers Confrères,

Grâces au ciel, l'année 1950 nous a été clémente. Depuis la séance annuelle du 19 décembre 1949, deux confrères seulement nous ont quittés ainsi que trois correspondants. La tradition veut que je vous rappelle d'abord leur souvenir, en y joignant celui de notre confrère Richard Fosse, mort dans la nuit qui précéda notre dernière séance annuelle, et dont l'éloge n'a pu, alors, être prononcé.

Richard Fosse (1), membre de la Section d'Économie rurale depuis le 19 janvier 1931, était né à Castres le 16 juillet 1870, d'un père pharmacien, qui l'orienta très tôt vers la chimie. En 1896 il acquiert à Paris le titre de pharmacien de première classe et la licence ès sciences. Il est docteur ès sciences en 1899. Puis successivement maître de conférences et professeur de Chimie organique à Lille. En 1928 il devient professeur de Chimie appliquée aux corps organiques au Muséum d'Histoire Naturelle. En 1940 il est mis à la retraite.

Jusqu'en 1910 il s'occupe de Chimie organique pure, étudiant la réaction du chloroforme sur le β-naphtol et les réactions dérivées. Après 1910 il aborde la biochimie; action synthétique de l'oxydation; genèse, en présence d'ammoniaque, de glucides, glycérine, acides aminés, acide cyanique, urée, formol; vues sur les transformations réversibles entre lipides, glucides, protides. Il n'a pu le faire que par la création de méthodes analytiques précises et élégantes, en particulier une méthode de dosage de l'urée devenue classique.

Il poursuit l'étude des dérivés uréiques et puriques dans la matière vivante, il isole une diastase nouvelle, l'allantoïnase, il poursuit les conquêtes de la

(1) Notice par Charles Jacob (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 13).

Biochimie chez les végétaux, sa contribution au métabolisme de l'azote chez les végétaux est fondamentale.

C'était un homme d'allure trapue et débonnaire, extrêmement aimable et bienveillant, il n'avait que des amis.

Le médecin général inspecteur **Hyacinthe Vincent** (1) mort au Val-de-Grâce le 23 novembre dernier, était membre de la Section de Médecine depuis le 11 décembre 1922. Sa vie fut un long combat pour le salut des hommes et un continuel acte de foi.

Né à Bordeaux le 22 décembre 1862, il est premier à l'internat en 1885, premier au concours d'entrée à l'École du Val-de-Grâce et premier à la sortie. Il travaille à l'Hôpital militaire du Dey à Alger de 1892 à 1896. Il y découvre l'angine de Vincent, le parasite de la maladie de Madura, engage de profondes recherches sur la septicémie colibacillaire et sur la fièvre typhoïde. De 1896 jusqu'à 1925 il est professeur au Val-de-Grâce dans la chaire d'Epidémiologie et Maladies infectieuses, et il accomplit dans son laboratoire des travaux mémorables sur la vaccination antityphoïdique; puis sur la pathogénie de la typhoïde, en isolant deux toxines, la neurotoxine et l'antérotoxine élaborées par le bacille; plus tard il réalisera la sérothérapie.

De 1925 à 1936, tout en conservant son laboratoire du Val, il prolonge son enseignement au Collège de France dans une chaire créée spécialement pour lui. Il était membre de l'Académie de médecine depuis 1907.

Outre ses travaux mémorables sur la fièvre typhoïde et sa découverte de l'angine de Vincent causée par la symbiose d'un bacille fusiforme avec un spirochète dit *de Vincent,* il faut citer ses travaux sur le tétanos, sur la sérothérapie de la gangrène gazeuse et la sérothérapie antistreptococcique, sa découverte des cryptotoxines et du rôle de l'association de l'hématozoaire de Laveran avec le *bacillus coli* dans l'infection colibacillaire. Son œuvre est magnifique et elle a permis de triompher de la fièvre typhoïde; en 1915 sa vaccination sauva l'armée française d'un désastre sanitaire et militaire. Foch et Joffre proclamèrent que Vincent était *un des meilleurs artisans de la victoire de* 1918. Quelques mois avant sa mort le gouvernement lui décerna, à ce titre, la Médaille militaire.

Hyacinthe Vincent fut un grand serviteur du pays et de l'humanité.

Émile Cotton (2), membre non résidant depuis 1943, après avoir été correspondant de la Section de Géométrie depuis 1931, est mort à Grenoble le 14 mars dernier. Né le 5 février 1872, élève à l'École Normale Supérieure, de 1892 à 1895, agrégé en 1895, docteur en 1899, après trois années passées au

(1) Notice par Gaston Julia (*Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1181).

(2) Notice par Gaston Julia (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1117).

Lycée de Toulouse, il fit toute sa carrière à l'Université de Grenoble dans la chaire de Mécanique rationnelle et appliquée de 1901 à 1942.

Son œuvre est considérable. Avec les moyens puissants de l'Analyse, il a étudié à fond des questions difficiles et diverses de Géométrie et de Mécanique, allant jusqu'au Calcul numérique, pour serrer les approximations, l'évaluation des erreurs et séparer, dans la réalisation expérimentale, la part des erreurs d'expérience et celle des erreurs imputables à la théorie elle-même. En Géométrie, il a étudié la représentation conforme l'une sur l'autre de deux variétés générales à trois dimensions, l'extension de la théorie du trièdre mobile aux géométries les plus générales, le mouvement d'une surface mobile tangente à une surface fixe lorsque le mouvement est toujours un pivotement simple. En Mécanique, étudiant la stabilité, il a établi rigoureusement dans certains cas une réciproque du théorème de Lagrange-Dirichlet. En Analyse, il a perfectionné la méthode des approximations d'E. Picard et étudié les solutions d'une équation différentielle asymptotiques à une solution donnée.

C'était un savant éminent, un homme aimable et modeste.

Denis Brocq-Rousseu (1), vétérinaire général, est mort à Paris le 22 janvier dernier. Il était correspondant pour la Section d'Économie rurale depuis le 21 juillet 1947.

Né le 17 octobre 1869, élève à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort de 1887 à 1891, il devient vétérinaire militaire après un stage à Saumur. Dès lors, concurremment avec une carrière professionnelle très féconde, il développera sa culture et poursuivra des recherches intéressantes.

Nommé à Paris en 1900, il travaille à la Sorbonne, soutient une thèse de doctorat en 1907 sur le traitement des altérations des avoines et des fourrages moisis.

De 1906 à 1913 il travaille, à Nancy, la physiologie et la pathologie végétales avec Gain, et publie avec lui deux Ouvrages précieux, un traité des foins et un livre sur les *Ennemis de l'avoine*. En 1913 il est à l'École de Guerre. De 1914 à 1918 il veille à l'application des principes d'hygiène du Cheval, puis travaille à Alfort, en liaison avec notre confrère Gabriel Bertrand, à diverses applications pratiques et pacifiques de la chloropicrine.

De 1919 à 1927 il dirige le laboratoire de recherches vétérinaires de l'Armée. Avec divers collaborateurs il étudie le streptocoque de la gourme du Cheval, les germes paratyphiques, les teignes. Avec Louis Lapicque il prouve qu'on peut, dans la nourriture du Cheval, remplacer l'avoine par des Laminaires riches en sucre.

Il se retire en 1927, mais continue à travailler au laboratoire. Il publie un *traité en trois volumes du Sérum normal* (avec Gaston Roussel), un livre

(1) Notice par Emmanuel Leclainche (*Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 589).

sur les toxines végétales (avec René Fabre). Jusqu'à sa mort, malgré une santé altérée, il continua d'enrichir la médecine vétérinaire.

Constantino Gorini (¹), correspondant pour la Section d'Économie rurale depuis janvier 1939 est mort à Milan le 3 septembre dernier. Né à Rimini le 9 janvier 1865, docteur en Médecine en 1890, agrégé d'hygiène à Pavie en 1894, il est appelé en 1902 à la chaire d'Hygiène et Bactériologie de l'École Supérieure d'Agriculture de Milan et il y reste 35 ans. Il avait fréquenté dans sa jeunesse notre Institut National Agronomique, l'École d'Alfort, l'Institut Pasteur. Il a étudié le lait, ses microbes, leur morphologie, leur structure, surtout leur physiologie, leur biochimie et leur classification. Il a transporté ses travaux originaux à la technique et rendu ainsi de grands services à la Science et aux Industries agricoles à la fois.

Citons ses travaux sur certains Cocci qui agissent en ferments lacto-protéolysants qu'il a isolés, étudiés et classés, utilisant particulièrement leurs caractères biochimiques pour cette classification. Citons divers travaux de bactériologie sur la vaccination jennerienne, le contrôle biologique du vaccin, la flore microbienne de la mamelle, sur le choléra, la morve, le charbon, etc.

Par une connaissance approfondie des propriétés biochimiques des microbes, il les a disciplinés et utilisés, améliorant la fabrication des fromages, par exemple du parmesan, la production du lait pur, la conservation des fourrages, l'obtention des fibres textiles, le tannage, etc.

C'était un grand travailleur, un bon serviteur de la science, de la technique et un grand ami de notre pays; il nous en donna un courageux témoignage lorsque, en 1939 et 1940, il fit, à l'Académie, un don pour la fondation des prix Lac et Enzymologia.

Émile Jeanbrau (²), correspondant pour notre Section de Médecine et Chirurgie depuis 1943, est mort à Montpellier le 14 mai dernier.

Né à Alais, le 1ᵉʳ octobre 1873, il fit toutes ses études médicales à Montpellier. Il y fut nommé agrégé de chirurgie en 1920. Il publia avec son maître Forgue un *guide du Médecin dans les accidents du travail*, puis, avec Ombredanne et Nové-Josserand, une *Chirurgie réparatrice et orthopédique*.

Il s'intéressa tout spécialement à la chirurgie urinaire, après avoir travaillé chez Guyon et Albarran, il y obtint de beaux succès et reçut en 1922 une chaire d'Urologie créée pour lui.

Son rôle pendant la guerre 14-18 fut de premier ordre. Indépendamment des travaux étrangers qu'il ignorait, il établit une technique de la transfusion du sang qu'il réussit à faire adopter et qui sauva de la mort de nombreux

---

(¹) Notice par Maurice Javillier (*Comptes rendus*, 231, 1950, p. 597).
(²) Notice par Henri Hartmann (*Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1809).

blessés qu'avait épuisés l'hémorragie. Il fonda des écoles de rééducation pour les mutilés.

Il travailla toujours beaucoup, efficacement et sans bruit, pour le plus grand bénéfice de notre pays.

* * *

Un caractère commun nous apparaît dans les carrières de tous ces savants que nous venons de perdre; malgré la diversité de leurs manifestations, elles furent toutes consacrées au bien de l'humanité. Chez certains, qui se sont penchés directement sur la misère humaine, chez un Hyacinthe Vincent par exemple, ce caractère apparaît avec éclat, et l'on pourrait facilement faire avec sa vie et son œuvre une image d'Épinal, que tous les instituteurs de France commenteraient pour leurs petits élèves. Chez les autres, ce caractère, plus caché, ne se révèle qu'à la réflexion. Chez tous, un autre caractère moral est évident : le dévouement à la science, impliquant le dédain des jouissances matérielles, le dédain de la fortune, et quelquefois le sacrifice de la santé elle-même, que relevait déjà en 1834 Augustin Thierry, dans sa préface à *Dix ans d'Études historiques*.

De telles valeurs sont sûres, et pour assurer leur renouvellement une question se pose. Que peut-on, aujourd'hui, attendre de nos générations nouvelles pour la relève de nos morts ?

Il me semble qu'on a les meilleures raisons d'espérer, à condition d'entreprendre. Car il faut agir.

La jeunesse d'aujourd'hui n'a certes pas la vie facile et exempte de soucis que d'aucuns imaginent, peut-être, en songeant à l'œuvre de Murger. L'appauvrissement général la touche très directement. Elle mérite pourtant qu'on s'intéresse à elle particulièrement, qu'on facilite son travail, car elle n'a pas une moindre qualité que ses devancières, et elle est riche de promesses. De tous côtés on s'en occupe, et, sans parler d'institutions comme la Cité Universitaire ou des institutions sociales, officielles ou privées, qui s'occupent directement de la situation matérielle des étudiants dans leur ensemble, le C. N. R. S. s'efforce, pour les plus doués, de leur assurer le nécessaire, afin qu'ils puissent se livrer à l'étude et à la recherche en toute liberté d'esprit. De nombreux industriels l'ont aussi compris, qui subventionnent de jeunes stagiaires doués, travaillant dans les laboratoires scientifiques ou dans les laboratoires industriels.

Cet effort, si efficace soit-il, paraît encore insuffisant; mais, comparé au passé, il représente déjà un énorme progrès; si nous en recueillons déjà quelques fruits, nous pouvons en espérer plus encore des fruits lointains. Le goût de la recherche se développe largement dans notre jeunesse, et c'est là l'essentiel.

Ce qui est beaucoup plus nettement insuffisant, c'est l'ensemble des moyens

matériels : installations, crédits de laboratoire, crédits de publications, etc., et il faudrait, de toute urgence, les augmenter très largement.

Mais que peut-on faire pour cela ? Le moyen classique, et en apparence à portée de la main, c'est d'augmenter la part de la Science dans le budget national. Tout le monde est d'accord là-dessus et ce n'est pas la bonne volonté qui manque; mais comment faire pour boucher tous les trous, quand il s'en produit partout, et constamment? Il reste peut-être à demander aux Français, individuellement et pour certains objets déterminés, ce qu'on ne peut leur demander collectivement et globalement. Vous connaissez déjà ce qu'a donné un tel effort dans le domaine des bourses d'études; cela montre déjà que le Français, individualiste et intelligent, est aussi très généreux lorsqu'on le sollicite individuellement et pour un objet dont on lui explique l'intérêt.

Je voudrais, à ce sujet, vous parler un peu de ce qu'a fait l'Académie pour une de ses publications, arrêtée depuis plus de quinze ans par des difficultés financières. Des savants de pays mieux pourvus que nous regrettaient de ne plus la revoir, après une si longue interruption, et nous demandaient de faire un nouvel effort pour la reprendre. Le résultat obtenu dans ce domaine montre, lui aussi, ce qu'on peut attendre de Français clairvoyants, et ce sera ma façon de les remercier que de vous faire connaître ce résultat.

Il s'agit, en l'espèce, des œuvres de notre éminent Mathématicien H. Poincaré. Tout le monde sait que H. Poincaré fut un des plus grands savants de tous les temps, que son œuvre porte sur toutes les branches des Mathématiques, de la Physique-Mathématique et de la Mécanique Céleste. Lorsqu'il mourut, en 1912, on le considérait comme le *princeps mathematicorum* de son époque; mais on était encore loin de soupçonner l'immense développement que prendraient certaines parties de son œuvre. Par exemple, ses six mémoires sur l'*Analysis Situs* sont devenus une science nouvelle qu'on appelle *Topologie*. On ne soupçonnait pas non plus que ses travaux sur les équations différentielles, en particulier sur leurs intégrales fermées, sur leurs intégrales périodiques, recevraient des applications pratiques extraordinairement importantes, dans cette partie de la Mécanique et de la Physique qui s'occupe des oscillations non linéaires.

La nécessité d'une publication aussi rapide que possible de la totalité de ses œuvres, pour faciliter l'expansion de la science, apparaît donc comme de première urgence. Mais, en se limitant aux mémoires scientifiques publiés dans des revues, abstraction faite des articles ou mémoires d'ordre philosophique quelque intéressants qu'ils soient, abstraction faite aussi des ouvrages publiés en librairie, et dont beaucoup sont épuisés et introuvables, la publication doit comporter 10 volumes d'environ 5 à 600 pages chacun, du format de nos *Comptes rendus* C'est un travail considérable. Un premier volume fut publié par l'Académie en 1916; il ne fut suivi d'un second qu'en 1928, grâce aux fonds recueillis dans la journée Pasteur. En 1934 parut un troisième volume, grâce aux mêmes fonds. Ce fut tout jusqu'au milieu de 1948.

A cette date l'Académie se trouvait, comme je vous l'ai dit, en présence d'une demande pressante, tendant à une reprise rapide de la publication. Mais, comme toujours, on nous laissait le soin de trouver les moyens d'exécution; La Fontaine a bien raison :

« Ne faut-il que délibérer ?
« La cour en conseillers foisonne.
« Est-il besoin d'exécuter ?
« L'on ne rencontre plus personne ».

Une évaluation approchée de l'effort à faire, pour la publication des sept volumes restants, nous a bien vite convaincus que cet effort dépassait infiniment les possibilités de l'Académie, si l'on se contentait de ses ressources régulières, lesquelles ont été réduites à une petite fraction de ce qu'elles étaient autrefois, et à supposer que ces ressources ne soient pas encore diminuées par nos vicissitudes financières.

Convaincus nous-mêmes depuis longtemps de l'urgence d'une reprise de la publication, nous avons constitué une commission académique chargée de s'en occuper spécialement, et, en même temps que nous demandions le concours du C. N. R. S., nous avons demandé à l'École Polytechnique et à ses anciens élèves, de nous aider à publier les œuvres d'un de leurs plus illustres *antiques*. L'accueil fait à notre demande a répondu rapidement à toutes nos espérances; je suis heureux de le dire, dans un temps où l'École Polytechnique me semble avoir été assez injustement critiquée. Un comité, le comité Poincaré, chargé de recueillir, de gérer les fonds nécessaires, d'assumer toutes les charges de la publication, a été constitué au sein de la Société des *Amis de l'École Polytechnique* : il s'est mis au travail aussitôt. Et voici des résultats.

Un quatrième volume a paru au début de 1950; un cinquième est sorti des presses en ce mois de décembre; un sixième est sous presse. Nous voudrions avoir achevé la publication des volumes restants pour la célébration du centenaire de la naissance d'Henri Poincaré, en 1954, et nous ferons tout notre possible pour qu'il en soit ainsi. Nous avons le plus ferme espoir de mener à bien cet effort dans les délais indiqués, si les circonstances extérieures nous laissent le loisir de travailler en paix, car les moyens matériels nous en ont été donnés ou promis par l'action conjointe de clairvoyants amis de la Science, que je voudrais remercier maintenant.

Ils sont très nombreux, ce qui rend impossible leur énumération.

La première souscription inscrite a été celle de la Légion d'honneur, et nous sommes heureux d'en remercier M. le Grand Chancelier.

Trois importantes contributions : du C. N. R. S. d'abord, de l'Unesco ensuite, enfin des élèves présents à l'École Polytechnique pendant l'année 1949 (promotions 1946 et 1947), nous ont permis de démarrer. Je devais vous en parler tout de suite, parce qu'elles nous ont permis de travailler pendant que le comité Poincaré s'attachait à la prospection des fonds indispensables pour continuer.

De ces trois contributions, celle qui nous a été le plus à cœur, vous le pensez bien, et vous me permettrez de vous en parler plus en détail, c'est celle des élèves de l'École Polytechnique. De gros efforts ne furent pas nécessaires pour les convaincre. Il m'a suffi de les réunir, de leur expliquer en quelques mots, l'intérêt pour la science des œuvres à publier, la pénurie financière de l'Académie. J'en ai profité, naturellement, pour leur dire qui était ce *grand antique* dont ils ne connaissaient souvent que le nom, et pour le situer, si j'ose dire, dans l'espace et dans le temps. Ils ont compris tout de suite. Ils se sont réunis dans les *salles* pour envisager leurs maigres soldes et ce qu'ils en pourraient réserver à l'*illustre*. Puis les *caissiers* sont venus me dire : « nous nous inscrivons comme *bienfaiteurs*, et nous verserons tout de suite ». Voilà, Messieurs, ce que savent faire nos jeunes gens.

Nous donnerons, dans la préface du dernier volume, la liste de tous ceux de nos souscripteurs, dont la contribution aura dépassé 200000^{fr}, et que nous appelons nos *bienfaiteurs*. Il nous suffira de dire, dès maintenant, que l'industrie française, l'industrie nationalisée comme l'industrie privée, a très généreusement répondu à notre appel, suivie par quelques Chambres de Commerce. Plus de 40 sociétés industrielles ou Chambres de Commerce françaises sont déjà inscrites sur nos listes de *bienfaiteurs*, et certaines ont donné ou promis plusieurs fois le chiffre minimum cité plus haut. Cela méritait d'être dit, et, sans qu'on puisse affirmer que l'avenir est assuré, car, a dit le poète, « l'avenir n'est à personne », on peut du moins l'envisager avec confiance, et c'est encore une de ces raisons d'espérer que je vous signalais antérieurement.

Nous nous en voudrions toutefois de ne pas rappeler ici, qu'en dehors de l'aide reçue de l'Unesco, un appel adressé à nos amis étrangers, lors du dernier Congrès international de Mathématiques qui se tint à Harvard en septembre, commence d'être entendu. La « Johns Hopkins University », de Baltimore, s'est inscrite sur nos listes de *bienfaiteurs* par une importante contribution, que nous venons de recevoir et dont nous lui sommes reconnaissants; que son exemple soit suivi !

Avais-je raison de vous dire, Messieurs, qu'il faut faire confiance à notre jeunesse, que la science a suffisamment d'amis clairvoyants et généreux, pour qu'il soit raisonnable d'envisager un renouvellement brillant des œuvres du passé ?

Que cette parole d'espoir, dans les incertitudes du présent, soit notre conclusion à la veille de Noël.

Je donne la parole à M. Louis de Broglie, Secrétaire perpétuel, pour la lecture des prix et subventions.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1950.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, É. Borel, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, J. Pérès.

PRIX CARRIÈRE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Antoine**, professeur à la Faculté des sciences de Rennes, pour ses travaux sur la topologie. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX LEONARD EUGENE DICKSON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Pierre Lelong**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux sur les fonctions de deux variables complexes. *Rapporteur :* M. P. Montel.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, A. Caquot, J. Pérès, E. Vessiot, H. Beghin, M. Roy.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **André Maréchal**, professeur à l'Institut d'optique, pour la réalisation d'une machine donnant le résultat d'une intégrale double quelconque. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

PRIX HENRI DE PARVILLE (18.000fr). — Le prix est décerné à M. **André Charrueau**, ingénieur en chef des Ponts et chaussées, pour ses travaux sur la mécanique et sur la théorie des complexes. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Fayet, L. Picart, J. Chazy, P. Montel, B. Lyot, A. Danjon.

PRIX LALANDE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Fehrenbach**, directeur de l'Observatoire de Marseille, directeur-adjoint de l'Observatoire de Haute-Provence, pour ses travaux de spectroscopie astronomique. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

PRIX PIERRE GUZMAN. — Deux prix de 15.000fr sont décernés :

— à M. **Nicolas Stoyko**, astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur le mouvement de rotation de la Terre. *Rapporteur :* M. E. Esclangon;

— à M. **André Lallemand**, astronome à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux d'application de l'électronique à l'astronomie. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, J. Tilho, L. de Broglie, G. Durand-Viel, Ch. Pérez, A. Chevalier, É.-G. Barrillon, Em. de Martonne, R. Courrier, D. Cot, G. Poivilliers.

PRIX BINOUX (16.000fr). — Le prix est décerné à M. **Eugène Revert**, professeur de géographie coloniale à la Faculté des lettres de Bordeaux, pour son ouvrage intitulé : *La Martinique. Étude géographique. Rapporteur :* M. Em. de Martonne.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. É. Borel, M. de Broglie, H. Villat, J. Tilho, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon, J. Pérès, Em. de Martonne, E. Vessiot, H. Beghin, D. Cot, G. Poivilliers, M. Roy.

PRIX PLUMEY. — Un prix de 30.000fr est décerné à M. **Marcel-Charles Jourdain**, ingénieur en chef du Génie maritime, pour ses travaux sur la résistance des matériaux appliquée aux sous-marins. *Rapporteur :* M. É.-G. Barrillon.

— Un prix de 14.000fr est décerné à M. **Emilio Herrera**, aviateur, pour ses travaux sur la navigation aérienne. *Rapporteur :* M. D. Cot.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. A. Cotton, M. de Broglie, Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, Ch. Mauguin, C. Gutton, F. Joliot, J. Becquerel, J. Cabannes, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet.

PRIX L. LA CAZE (35.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Néel**, professeur à la Faculté des sciences de Grenoble, pour l'ensemble de son œuvre scientifique dans le domaine du magnétisme. *Rapporteur :* M. G. Ribaud.

PRIX HUGHES (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Yves Le Grand**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux sur l'optique physiologique. *Rapporteur :* M. J. Becquerel.

PRIX PIERRE LAFITTE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Champeix**, ingénieur à la Société « La Radiotechnique », pour ses travaux sur les cathodes à oxydes. *Rapporteur :* M. C. Gutton.

PRIX EUGÈNE ET LÉON BLOCH. — Un prix de 20.000fr est décerné :

— à M. **Maurice Françon**, professeur à l'Institut d'optique, pour ses travaux sur le contraste de phase. *Rapporteur :* M. A. Cotton.

Deux prix de 15.000fr sont décernés :

— à M. **Jean Brochard**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la spectroscopie. *Rapporteur :* M. A. de Gramont;

— à M. **Charles Peyrou**, sous-directeur de laboratoire à l'École polytechnique, pour ses travaux sur le méson. *Rapporteur :* M. L. Leprince-Ringuet.

CHIMIE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, M. Javillier, P. Lebeau, J. Duclaux, P. Jolibois, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Blanc**, professeur agrégé à la Faculté de médecine et de pharmacie de Toulouse, pour ses recherches d'hygiène générale. *Rapporteur :* M. P. Lebeau.

PRIX PHILIPPE A. GUYE. — Deux prix de 20.000fr sont décernés :

— à M. **René Audubert**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux d'électrochimie et de radiochimie. *Rapporteur :* M. P. Jolibois;

— à M. **Maurice Letort**, directeur de l'École nationale supérieure des Industries chimiques de Nancy, pour l'ensemble de ses travaux de chimie physique. *Rapporteur :* M. P. Pascal.

PRIX JEAN-BAPTISTE DUMAS (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Robert Prudhomme**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur les ultrasons et leur action chimique. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée à M. **René Audubert**, lauréat d'un prix Philippe A. Guye.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. A. Cotton, M. Caullery, Ch. Jacob, Ch. Pérez, Ch. Mauguin, F. Grandjean, Em. de Martonne, R. Courrier, A. Michel-Lévy, P. Fallot.

PRIX CARRIÈRE (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jean Laval**, professeur au Collège de France, pour ses recherches sur l'agitation thermique dans les cristaux. *Rapporteur :* M. Ch. Mauguin.

PHYSIQUE DU GLOBE.

Commissaires : MM. E. Esclangon, Ch. Maurain, L. de Broglie, J. Chazy, Em. de Margerie, B. Lyot, F. Joliot, R. Courrier, J. Cabannes.

PRIX LÉON GRELAUD (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **André Viaut**, directeur de la Météorologie nationale, pour ses travaux sur la haute atmosphère. *Rapporteur :* M. Ch. Maurain.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Blaringhem, Ch. Pérez, A. Chevalier, Em. de Martonne, R. Souèges, R. Courrier, J. Magrou, R. Heim, R. Combes.

PRIX JEAN THORE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Raymond Dughi**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, conservateur du Muséum d'histoire naturelle d'Aix-en-Provence, pour l'ensemble de ses travaux sur les Lichens. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX FOULON (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Édouard Boureau**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux d'anatomie des plantes vasculaires et de paléobotanique. *Rapporteur :* M. R. Souèges.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, E. Schribaux, M. Javillier, A. Chevalier, R. Courrier, A. Demolon, N....

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (30.000fr). — Le prix est décerné à M. **Louis Maume**, professeur à l'École nationale d'agriculture de Montpellier, pour ses travaux sur le diagnostic foliaire et ses applications à diverses cultures. *Rapporteur :* M. A. Demolon.

PRIX FOULON (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Geslin**, directeur de la Station centrale de bioclimatologie de l'Institut national de la recherche agronomique, pour ses travaux d'écologie expérimentale. *Rapporteur :* M. A. Demolon.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Portier, É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, R. Courrier, P.-P. Grassé.

PRIX FOULON (15.000fr). — Le prix est décerné à M. **Charles Thibault**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour ses recherches sur la parthénogenèse des Mammifères. *Rapporteur :* M. P.-P. Grassé.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. Em. Leclainche, H. Vincent, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, Ch. Laubry, H. Hartmann, R. Leriche.

PRIX MONTYON (25.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Lenormant**, chargé de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour sa thèse intitulée : *Sur le spectre infrarouge et structure de la liaison peptidique. Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX BRÉANT. — Un prix de 20.000fr est décerné à M. **Jean Laigret**, professeur à la Faculté de médecine de Strasbourg, pour ses travaux sur les maladies épidémiques. *Rapporteur :* M. G. Ramon.

PRIX ALFRED DUTENS (15.000fr). — Le prix est décerné à feu **Paul Cottenot**, radiologiste des Hôpitaux, pour ses travaux sur le radiodiagnostic dans les affections pleuro-pulmonaires. *Rapporteur :* M. L. Lapicque.

PRIX CHARLES BOUCHARD (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Mejer Burstein**, chef de laboratoire au Centre national de transfusion sanguine, pour son ouvrage sur *La coagulation du sang*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET. — Deux prix de 10.000fr sont décernés :

— à M. **Robert Feissly**, privat-docent de l'Université de Lausanne, pour ses travaux relatifs à la coagulation du sang. *Rapporteur :* M. L. Binet ;

— à M. **François Darnis**, interne des Hôpitaux de Paris, pour ses recherches sur la perméabilité capillaire chez le sujet normal et au cours de l'insuffisance cellulaire du foie. *Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier, Ch. Laubry, A. Lacassagne.

PRIX BARIOT-FAYNOT (8.000fr). — Le prix est décerné à M. **Noël Rist**, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur de Paris, pour ses travaux de thérapeutique expérimentale sur la tuberculose. *Rapporteur :* M. Ch. Laubry.

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (60.000fr). — Un prix est décerné à M. **Émile Brumpt**, membre de l'Académie de médecine, pour l'ensemble de son œuvre biologique. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier, J. Jolly, L. Binet, R. Courrier.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à Mlle **Kitty Ponse**, professeur extraordinaire à l'Université de Genève, pour son ouvrage intitulé : *La différenciation du sexe et l'intersexualité chez les Vertébrés*. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Esnault-Pelterie, É.-G. Barrillon, A. Portevin, A. Pérard, G. Ramon, R. Courrier, P. Chevenard, R. Barthélemy, G. Darrieus, H. Parodi.

PRIX CHARLES FRÉMONT (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Jacques Labouret**, ingénieur à la Compagnie électromécanique, pour ses travaux sur l'arc électrique dans un courant d'air à grande vitesse en vue du perfectionnement des disjoncteurs à air comprimé. *Rapporteur :* M. G. Darrieus.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. É. Borel, L. Blaringhem, Ch. Maurain, É. Cartan, L. de Broglie, J. Chazy, P. Montel, A. Denjoy, R. Courrier.

PRIX MONTYON (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Henri Mineur**, directeur de l'Institut d'astrophysique, pour ses travaux de statistique stellaire. *Rapporteur :* M. J. Chazy.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, H. Vincent, M. de Broglie.

PRIX HENRI DE PARVILLE (10.000fr). — Le prix est décerné à M. **Paul Couderc**, astronome à l'Observatoire de Paris, pour son ouvrage intitulé : *L'expansion de l'Univers*. *Rapporteur :* M. E. Borel.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : **Grand prix des sciences mathématiques** (25.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, É. Cartan, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Pérard.

Le prix est décerné à M. **Albert Châtelet**, doyen de la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux d'arithmétique et théorie des nombres. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX BORDIN (16.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, Ch. Pérez, A. Chevalier, É. Roubaud, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim.

Le prix est décerné à M. **Hubert Lutz**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, pour son travail sur la production expérimentale de la polyembryonie et de la monstruosité double chez les Oiseaux. *Rapporteur :* M. M. Caullery.

PRIX SAINTOUR (10.000fr). — Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à M. **Marius Badoche**, assistant au Collège de France, pour l'ensemble de ses travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

PRIX LONCHAMPT (15.000fr). — Commissaires : MM. Em. Leclainche, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à MM. le médecin lieutenant-colonel **Robert Marot**, à Lille, et le pharmacien commandant **Marc Durand**, à Toulouse, pour leurs recherches sur le manganèse dans les tumeurs cancéreuses. *Rapporteur :* M. G. Bertrand.

PRIX HENRY WILDE (17.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, G. Bertrand, M. Caullery, M. Delépine, M. Javillier, A. Chevalier, L. Binet, R. Courrier.

Le prix est décerné à Mlle **Marguerite Perey**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour sa découverte de l'élément 87 (Francium). *Rapporteur* : M. M. Delépine.

PRIX CHARLES DE SAULSES DE FREYCINET (18.000fr). — Commissaires : MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, G. Bertrand.

Le prix est décerné à MM. **Jean-Jacques Levallois** et **Michel Dupuy**, ingénieurs-géographes, pour leurs travaux sur le calcul des grandes géodésiques. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX Mme VICTOR NOURY (13.000fr). — Commissaires : MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier, E. Borel, G. Bertrand.

Le prix est décerné à M. **Jean Terrien**, adjoint au Bureau international des Poids et Mesures, pour ses travaux d'optique et de photométrie. *Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX MARQUET (12.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, A. Cotton, A. de Gramont, É. Cartan, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, J. Chazy.

Le prix est décerné à M. **Henri Pailloux**, professeur à l'Université de Homburg (Sarre), pour ses travaux sur le mouvement des fils et des membranes. *Rapporteur :* M. J. Chazy.

PRIX MILLET-RONSSIN (10.000fr). — Commissaires : MM. R. Courrier, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, A. Chevalier, R. Souèges, Ch. Pérès. É. Roubaud.

Le prix est décerné à M. **Pierre Gavaudan**, professeur à la Faculté des sciences de Poitiers, pour l'ensemble de ses travaux de cytologie et de physiologie végétales. *Rapporteur :* M. R. Souèges.

PRIX GÉNÉRAL MUTEAU (20.000fr). — Commissaires : MM. É. Borel, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, G. Durand-Viel, J. Chazy, P. Montel, E.-G. Barrillon.

Le prix est décerné à M. **René Dugas**, maître de conférences à l'École polytechnique, pour son *Histoire de la mécanique. Rapporteur :* M. L. de Broglie.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (17.000fr). — Commissaires : MM. G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier, J. Cabannes, G. Ribaud, G. Bertrand, P. Lebeau, H. Vincent, P. Portier.

Le prix est décerné à M. **James Reilly**, membre de l'Académie de médecine, pour l'ensemble de ses travaux de bactériologie, de médecine expérimentale et de physio-pathologie de certaines infections. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX ERNEST DECHELLE (14.000fr). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Caullery, Ch. Jacob, M. Javillier, A. Portevin, G. Ramon, R. Courrier, R. Heim.

Le prix est décerné à M. **Jacques Arrighi de Casanova**, ingénieur du génie rural, pour ses travaux relatifs à l'aménagement de la Crau. *Rapporteur :* M. A. Demolon.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE. — Le prix est décerné à M. **Claude Beaumont**, né à Mulhouse, Bas-Rhin, le 26 février 1928, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT et LAMB. — Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1950, avec le no 1 ou 2 de l'École polytechnique, dans les corps des Mines et des Ponts et chaussées :

— M. **Claude Beaumont**, entré premier à l'École des mines, reçoit 15.000fr;

— M. **Gilbert Rutman**, entré second à l'École des mines, reçoit 10.000fr;

— M. **Philippe Allais**, entré premier à l'École des Ponts et chaussées, reçoit 15.000fr;

— M. **Maurice Le Franc**, entré second à l'École des Ponts et chaussées, reçoit 10.000fr.

FONDATION GIRBAL-BARAL. — Commissaires : MM. G. Julia, M. Javillier, L. de Broglie, R. Courrier; E. Borel, G. Bertrand.

Une allocation de 10.000fr est accordée à M. **Jean Combes**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Toulouse, pour ses recherches sur les fonctions algébroïdes. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseil : MM. G. Julia, L. de Broglie, R. Courrier, É. Borel, G. Bertrand, M. de Broglie.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 60.000fr à M. **Antoine Giroud**, directeur à l'École pratique des Hautes études, pour ses recherches sur les causes des altérations du développement de l'embryon.

— 20.000fr au **Centre d'études et de documentation paléontologiques**, pour l'achat de classeurs et de fiches;

— 40.000fr à M. **Joseph Lefèvre**, professeur à l'Institut national agronomique, pour l'achat d'un appareil à rayons ultraviolets pour production de mutations expérimentales et stérilisation de cultures.

— 20.000fr à M. **Donatien Cot**, membre de l'Académie des sciences, pour l'établissement de nouvelles Tables destinées à faciliter le calcul numérique des fonctions elliptiques de Weierstrass;

— 40.000fr à M. **Henri Humbert**, professeur au Muséum national d'histoire naturelle, pour contribuer à l'illustration d'un mémoire sur la végétation et la flore du massif de Marojejy.

— 10.000fr à l'**École polytechnique**, pour sa Bibliothèque;

— 10.000fr à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque.

Rapporteur : M. R. COURRIER.

FONDATION VILLEMOT. — Mêmes Commissaires que pour la fondation Girbal-Baral.

Une subvention de 40.000fr est attribuée à M. **Jean Montpellier**, professeur à la Faculté de médecine d'Alger, pour ses travaux sur le cancer en Afrique du Nord. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

LECTURE.

M. ROBERT COURRIER, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice sur la vie et les travaux de René Maire, Membre non résidant de l'Académie.*

L. B., R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 DÉCEMBRE 1950.

PRESIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** signale à l'Académie que, en raison des fêtes de Noël et du Jour de l'An, il n'y aura pas de séance les lundis 25 décembre 1950 et 1er janvier 1951.

En conséquence, la prochaine séance hebdomadaire ordinaire aura lieu le mercredi 3 janvier 1951.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Analyse thermoélastique des transformations des bronzes d'aluminium.* Note de MM. **Robert Cabarat, Léon Guillet, René Le Roux** et **Albert Portevin**.

Au moyen des appareils précédemment décrits (1), (2), (3) qui permettent de déterminer le module d'élasticité E et le décrément logarithmique δ des alliages métalliques, ainsi que leurs variations en fonction de la température Θ, nous avons étudié les transformations à l'état solide que peut subir un alliage de cuivre et d'aluminium, titrant 11,95 % d'aluminium en poids et contenant 1150 grains par centimètre carré (4).

Cet alliage donne lieu à la formation de trois solutions solides : β (cubique centrée désordonnée stable au-dessus de 565°); β_1 (cubique centrée ordonnée) et β' (hexagonale stable au-dessous de 280°) (5). Enfin, au-dessous de 565° l'état physicochimique correspondant à l'équilibre (état recuit) est un mélange

(1) R. Cabarat, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 229.

(2) Florisson, *Société Française des Mécaniciens*, février 1938.

(3) R. Cabarat, L. Guillet et R. Le Roux, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1374.

(4) L'alliage a été coulé en lingotière de graphite sous la forme de baguettes de 8mm de diamètre et de 150mm de longueur; à l'état laminé, il présente une texture très prononcée qui influe sur les propriétés en raison de l'anisotropie.

(5) G. Wassermann, *Metallwirtschaft*, **13**, 1934, p. 133.

des phases α (cubique à faces centrées titrant 9,4 % d'aluminium) et γ (maille cubique géante à 52 atomes titrant 15,6 % d'aluminium), dont les modules

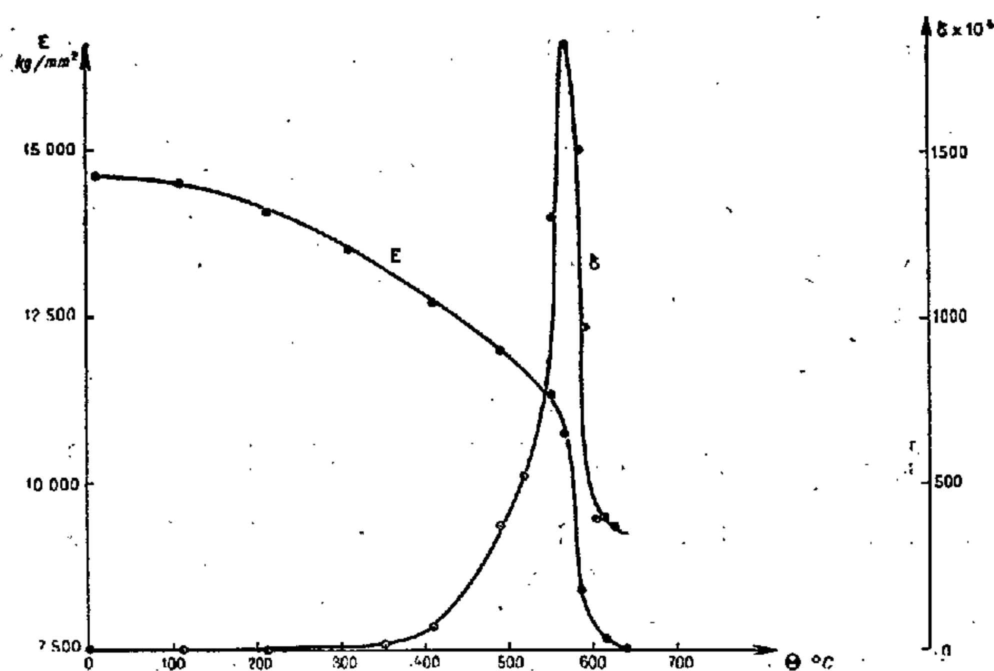


Fig. 1.

d'élasticité à 20° sont respectivement égaux à 10400 et 20400 kg/mm². Entre ces diverses phases existent des réactions réversibles, en particulier $\beta \rightleftharpoons \alpha + \gamma$

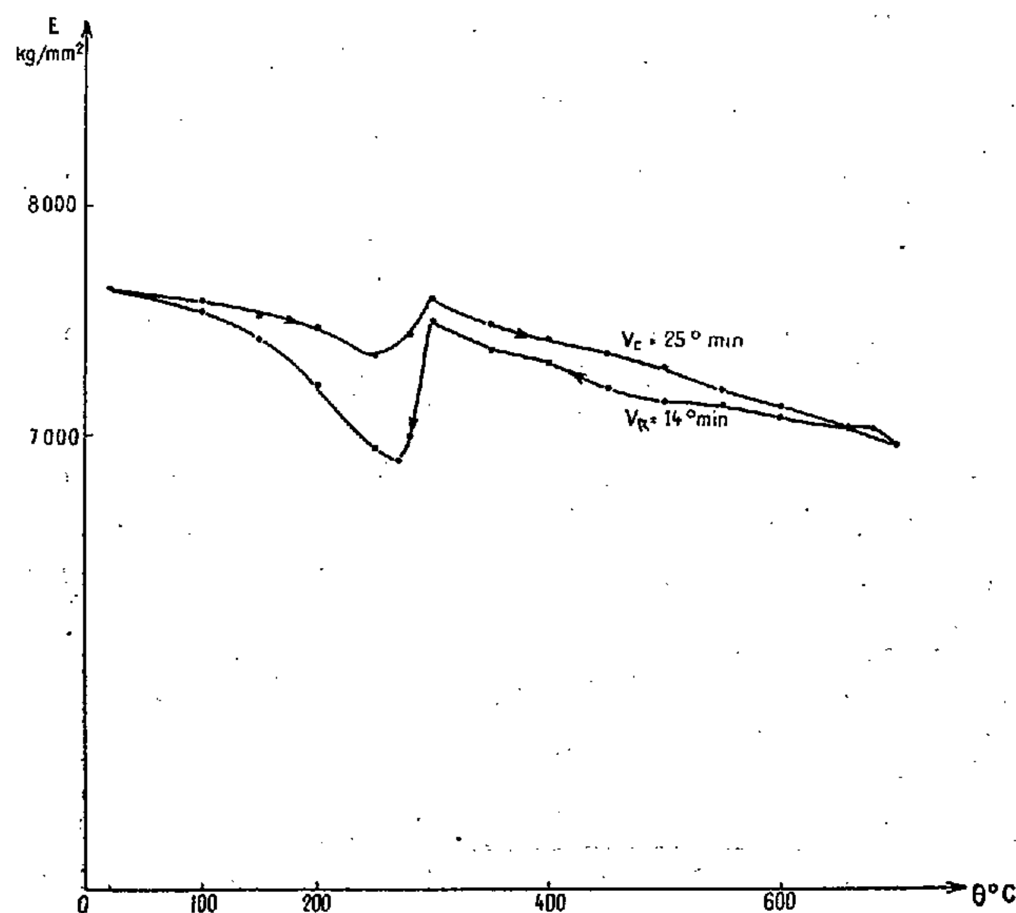


Fig. 2.

à 565° du type perlitique et $\beta_1 \rightleftharpoons \beta'$ entre 280° et 380° du type martensitique([6]).

Un alliage recuit subit au chauffage la transformation $\alpha + \gamma \rightarrow \beta$ avec

([6]) G. Kurdjumow et V. Miriesky, *J. Techn. Phys.* (*U.S.S.R.*), 8, 1938, p. 1777.
La complexité de ces phénomènes avait été signalée antérieurement dans l'analyse dilatométrique par A. Portevin et P. Chevenard (*Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 1142).

diminution du module. Le décrément prend des valeurs considérables *avant* et pendant la transformation, phénomène qui n'a été signalé jusqu'à présent que pour les alliages ferromagnétiques (*fig.* 1). Le module de la phase β suit la loi des mélanges à 600° si le grain de l'alliage est assez fin pour réaliser la pseudo-isotropie.

Un alliage refroidi à l'air à partir de 700° est à l'état martensitique. La figure 2 représente les variations de son module en fonction de la température au cours d'un cycle de chauffage et de refroidissement et met en évidence la transformation réversible $\beta_1 \rightleftharpoons \beta'$, à condition que les vitesses de chauffage et de refroidissement soient suffisantes pour éviter la décomposition des solutions β' et β_1 en agrégat $\alpha+\gamma$ qui se révélerait par une modification irréversible du module. On voit que l'apparition de la martensite au refroidissement est accompagnée d'une diminution sensible du module d'élasticité.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'analyse par électrolyse des phosphates de calcium.* Note de M. **Pierre Jolibois** et Mme **Marthe Dominé-Bergès.**

Dans une Note précédente ([1]) nous avons décrit une nouvelle méthode de séparation électrolytique fondée sur le transport des acides et des bases aux électrodes. Cette méthode, sous la forme que nous lui avons donnée, se prête parfaitement à des mesures quantitatives et peut servir à résoudre des problèmes analytiques, notamment en ce qui concerne les corps peu solubles.

Avec l'appareillage décrit antérieurement nous avons traité différents phosphates de calcium de façon à en extraire la chaux et l'acide phosphorique. Il y a plusieurs manières de concevoir cette opération. En réalisant l'électrolyse pendant un temps assez long on peut chercher à extraire la totalité de ce qui est susceptible d'entrer en solution. Dans un autre but on peut se proposer, en limitant le temps de l'extraction, de mesurer la vitesse de cette dernière.

Nous allons décrire une expérience exécutée avec un phosphate de composition connue afin de montrer par un exemple, le domaine d'utilisation des deux méthodes qui viennent d'être indiquées.

Un phosphate du Maroc (titrant P_2O_5, 33,3; CaO, 54,1) a été pulvérisé au broyeur à boulets; après élimination des parties très fines on a retenu ce qui passait à travers un tamis de 4900 mailles/cm². Nous avons soumis à l'électrolyse 50^{mg} de ce corps placé sur une capsule de papier. Au début de l'expérience nous avons maintenu le courant d'électrolyse à la valeur de 2 mA, le voltage était stable aux environs de 300 V. A la fin de l'extraction le voltage s'élève à plus de 3000 V et le courant s'abaisse à 0,3 mA. On ne peut facilement comparer les résultats qu'en les rapportant au nombre de coulombs

([1]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 888.

dépensés, ce qui est très facile en intercalant dans le circuit électrique un voltamètre à hydrogène.

On obtient ainsi la courbe ci-dessous, qui montre qu'au bout de 8 jours l'extraction est complète. On est averti de la fin de l'expérience par la résistivité croissante de l'électrolyte qui ne contient plus de sels dissous.

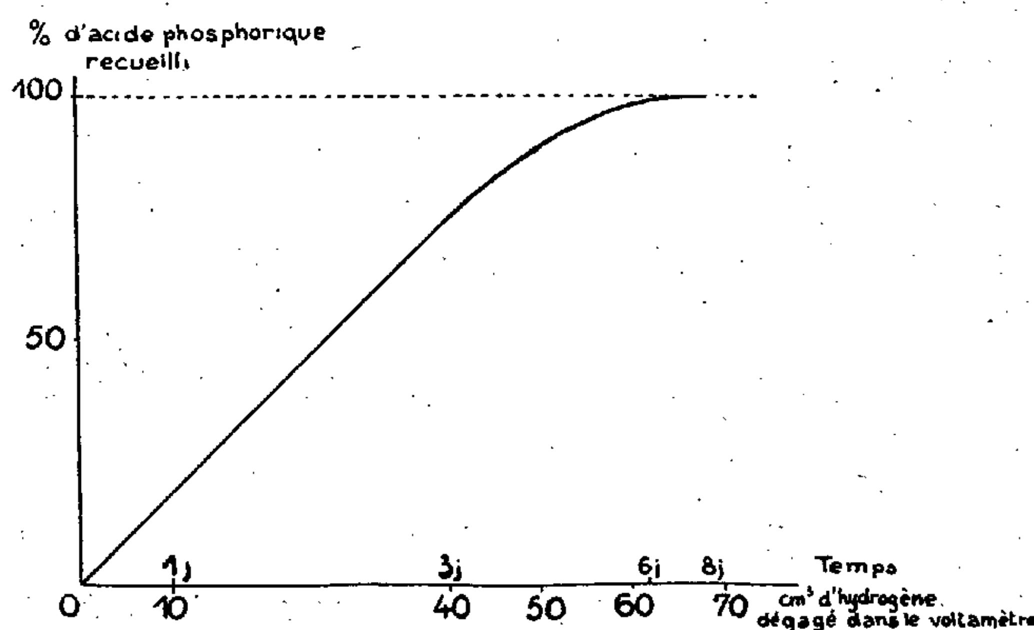


Fig. 1.

Si l'on examine cette courbe on voit que le début, pendant les trois premiers jours est rectiligne; on peut donc en déduire une méthode de comparaison des phosphates entre eux relativement à leur vitesse d'attaque par l'eau pure, sans l'addition d'aucun réactif. Il suffit de donner à l'expérience une durée fixe de 24 heures.

Nous avons réalisé ces expériences avec un grand nombre de produits différents comprenant soit des minéraux naturels, soit des corps définis, soit des produits commerciaux. Afin de rendre les expériences comparables entre elles, nous avons introduit dans l'appareil un poids de substance correspondant à 50^{mg} de substance pour les expériences d'extraction totale et de 20^{mg} de P_2O_5 total pour les expériences de 24 heures.

Ceci nous a permis d'obtenir les résultats d'analyse consignés dans le tableau I.

Il est naturellement indiqué d'employer des échantillons ayant une granulométrie comparable pour faire ces essais ainsi que le montre le tableau II.

Lorsque l'on examine ces tableaux, on est frappé de la différence que présentent entre eux les produits naturels examinés avec cette nouvelle technique. On a longtemps attribué au fluor la différence des solubilités des différents phosphates naturels et l'on a admis que les composés ayant une structure d'apatite fluorée étaient moins assimilables que les autres, lorsqu'ils sont appliqués comme engrais. Or un des minéraux les plus attaquables du tableau ci-dessus, le phosphate du Maroc n° 12 contient 4% de fluor. On pouvait penser que le fluor n'entrait pas dans une structure d'apatite.

TABLEAU I.

Minéraux.

Nos.	Produits traités.	P_2O_5 (%).	Extraction maxima (en P_2O_5) sur 0g,050 de produit (%).	Extraction de 24 heures sur 0g,020 de P_2O_5 (%).
1.	Apatite (collection de l'École des Mines)	40,32	28	21
2.	Belgique	9,52	100	13
3.	Caroline	21,64	100	34
4.	Constantine	28,86	96	32
5.	Floride	30,82	82	29
6.	Gafsa	27,35	96	43
7.	Gafsa calciné	32,0	75	40
8.	Kola	38,94	4	4
9.	Kosséir	32,21	98	35
10.	La O Kay	33,34	43	15
11.	Lorraine	17,73	100	40
12.	Maroc	33,75	98	34
13.	Nassau	25,35	91	27
14.	Nurlu (Somme)	12,12	100	16
15.	Océanie	37,46	82	38
16.	Tennessee	33,34	71	35
17.	Phosphate fondu américain	26,04	73	29
18.	Louis Gentil couche 0 brut	29,89	99	46
19.	» » 1 »	32,07	99	45
20.	» » 2 »	27,10	100	50

Phosphates synthétiques et engrais commerciaux.

Nos.	Produits traités.	P_2O_5 (%).	Extraction maxima (%).	Extraction de 24 heures (%).
21.	Os	40,3	99	41
22.	Phosphate bicalcique hydraté	41,28	100	75
23.	Anhydre	52,2	100	50
24.	Phosphate tricalcique précipité (hydroxyapatite)	45,8	100	45
25.	Scories Thomas	16,5	99,4	15

TABLEAU II.

Phosphates naturels.

	Extraction de 24 h sur 0g,020 P_2O_5 (Tamis 2025 mailles/cm²).	(grossièrement pulvérisé et non tamisé).
Tennessee (33,34)	35	16,5
Océanie (37,46)	38	21
Apatite (40,32)	21	10

Grâce à une étude par les rayons X nous avons pu constater qu'il n'en n'était rien. Nous avons pris le spectre de rayons X de ce phosphate du Maroc et nous l'avons comparé à celui de notre échantillon le moins attaquable n° 8, le phosphate de Kola. On peut voir sur les clichés ci-contre : 1° que les deux substances ont exactement la même structure cristallographique, qui est celle de l'apatite fluorée; 2° alors que la pulvérisation mécanique des échantillons a été rigoureusement la même, les cristaux de l'échantillon 12 le plus attaquable, sont en cristaux très fins répartis statistiquement dans toutes les directions, ainsi que le montre le cliché correspondant dont les raies ont un tracé homogène.

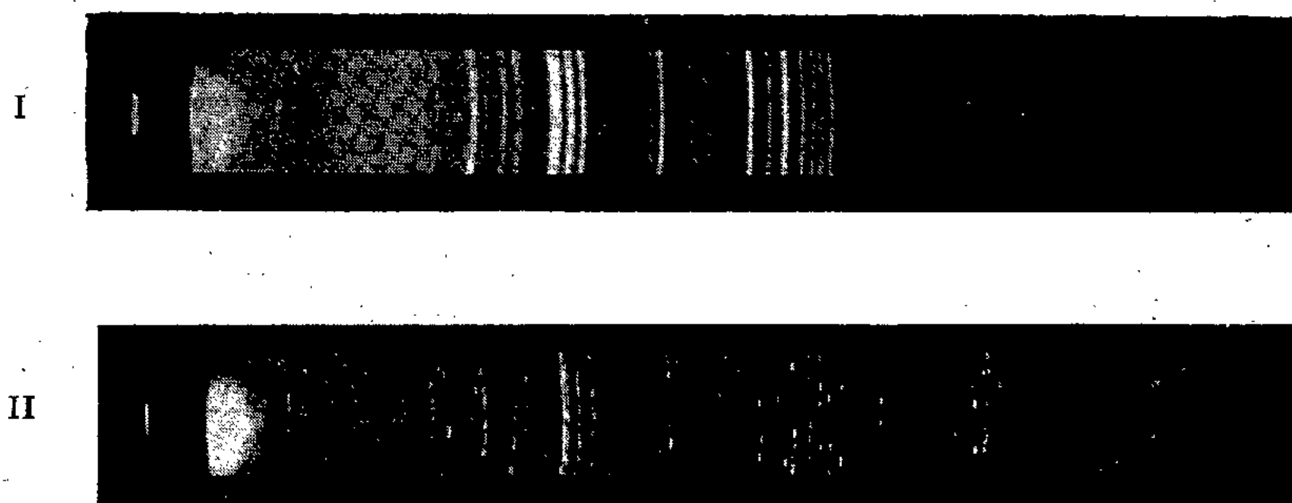


Fig. 2.

Spectres de rayons X de phosphates naturels.

I, phosphate du Maroc; II, phosphate de Kola. Raie K du cuivre. Monochromateur Laval.

Il n'en n'est pas de même du phosphate de Kola qui est constitué par un chapelet de cristaux isolés qui montrent leur individualité par un ensemble de taches isolées correspondant à ceux d'entre eux qui ont l'orientation favorable à la réflexion de Braag. Cet échantillon peut donc à l'échelle du précédent (n° 12) être considéré comme composé d'éléments beaucoup moins fins. Dès lors son aptitude beaucoup moins grande à la dissolution est parfaitement explicable.

Ceci montre à quel point il convient d'être prudent lorsqu'on attribue à certains engrais des propriétés de diffusion uniquement fondées sur leur composition chimique.

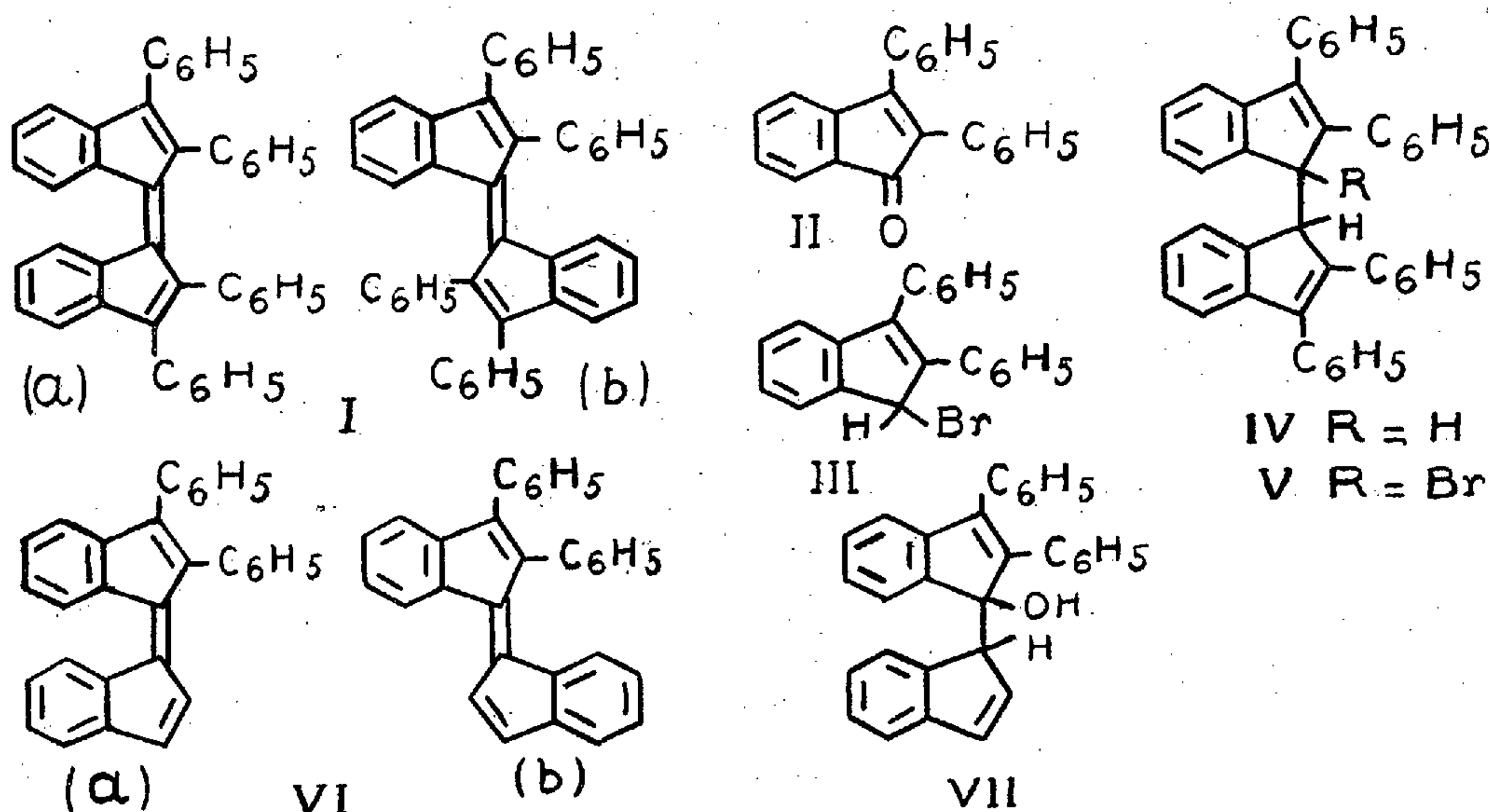
CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés phénylés bis-indénylidéniques.*
Note (*) de MM. **Charles Dufraisse, André Étienne** et **Pierre Vallette.**

Préparations et propriétés du tétraphényl-2.3.2'.3' bis-indénylidène-1.1' (I) et du diphényl-2.3 bis-indénylidène-1.1' (VI). L'isomèrie cis trans a été constatée pour ce dernier.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons signalé l'intérêt que présentait, pour l'étude générale des corps photooxydables, les bis-indénylidènes et, en particulier, le dérivé tétraphénylé (I), isomère du rubrène.

Alors que divers chercheurs ([2]) ([3]) avaient déjà tenté, sans succès, de préparer ce produit à partir de la diphényl-2.3 indone (II), nous avons cherché une préparation possible en utilisant le bromo-1 diphényl-2.3 indène (III).

En particulier, nous avons constaté qu'en chauffant ce dernier avec de la potasse à 300°, dans un tube en verre ordinaire, il se faisait un corps brun, $F_{inst.}$ 278°, répondant à la composition centésimale attendue $C_{42}H_{28}$.



Bien qu'un certain nombre de transpositions soient possibles dans les dérivés des diphénylindanes [voir entre autres ([4])], les faits expérimentaux indiqués ci-dessous semblent montrer que l'on a bien obtenu le tétraphényl-2.3.2'.3'

(*) Séance du 27 novembre 1950.

([1]) Ch. Dufraisse, A. Étienne et P. Vallette, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1109.

([2]) Ch. Moureu, Ch. Dufraisse et M. Badoche, *Bull. Soc. Chim.*, (4), **43**, 1928, p. 1381.

([3]) W. Schlenk et E. Bergmann, *Lieb. Ann.*, **463**, 1928, p. 218.

([4]) M. Vaillant, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 762.

bis-indénylidène-1.1′ (I) et qu'il n'y a pas eu de migration de phényles au cours de la réaction brutale de préparation signalée plus haut; ceci serait en accord avec les observations de Koelsch ([5]), suivant lesquelles la structure diphényl-2.3 indénique serait la plus stable.

En effet, l'hydrocarbure (I) a pu encore être obtenu, comme nous le décrirons plus tard, d'une manière moins violente : par déshydrogénation des deux stéréoisomères du tétraphényl bis-indényle (IV), $C_{42}H_{30}$, F_{inst} 327° et 265°, préparés eux-mêmes à partir du bromodiphénylindène (III).

D'autre part, en solution dans l'acide acétique et le benzène, il fixe en 1-1′ une molécule d'acide bromhydrique pour donner un dérivé monobromé qui serait le bromo-1 tétraphényl-2.3-2′.3′ bis-indényle-1.1′ (V), $C_{42}H_{29}Br$, F_{inst} 216°. Dans ces conditions opératoires, l'addition de BrH aux deux doubles liaisons en 2.3 et 2′.3′ n'a pas lieu et nous avons vérifié qu'il en était de même pour le bromo-1 diphényl-2.3 indène (III). Par contre, la double liaison en 1.1′ est très stable aux oxydants, à tel point que le produit n'est pas attaqué par le permanganate à 10 % en milieu acide ou alcalin, alors qu'on aurait pu s'attendre à obtenir de la diphénylindone (II) ou son produit de dégradation oxydante l'orthobenzoylbenzile : (o) C_6H_5—CO—C_6H_4—CO—CO—C_6H_5.

L'existence de la double liaison en 1-1′ devait théoriquement nous donner deux isomères : le cis (I*a*) et le trans (I*b*). Or, tous les essais effectués sur le corps obtenu : purification chromatographique, action de la lumière, passage au dérivé bromé (V) et débromhydratation ultérieure, ne nous ont pas permis de constater la formation d'un isomère. Pour des raisons d'empêchement stérique, il semble d'ailleurs que le dérivé trans (I*b*) ne puisse se former puisque l'interférence des deux benzos indéniques avec les phényles en 2.2′ ne peut permettre à l'enchaînement bis-isoindénylidénique d'être plan.

En accord avec tous les arguments énoncés, le corps obtenu serait donc le tétraphényl bis-indénylidène cis (I*a*).

Nous avons alors voulu étudier, en relation avec cette stéréochimie et avec la photooxydation, le bis-indénylidène simple. Malheureusement ce corps paraît très instable et il n'a pu être préparé par déshydrogénation du bis-indényle-1.1′ obtenu précédemment par Courtot ([6]).

Au contraire, les résultats ont été positifs avec les dérivés diphénylés du bis-indénylidène. En particulier, dans le cas du diphényl-2.3 bis-indénylidène-1.1′ (VI), l'isomérie cis-trans existe, sans doute parce que l'encombrement stérique dont il vient d'être parlé est moins important ici puisqu'il n'y a plus qu'un seul phényle en 2 à interférer avec les benzo indéniques, le phényle en 2′ ayant été supprimé. On a pu isoler deux isomères rouges, $C_{30}H_{20}$, F_{inst} 210° et 240° qui sont vraisemblablement les isomères cis et trans (VI*a*) et (VI*b*). En effet ils

([5]) C. F. Koelsch et P. R. Johnson, *J. Am. Chem. Soc.*, 65, 1943, p. 567.

([6]) *Annales de Chimie*, (9), 4, 1915, p. 78.

se forment tous les deux (40 % du premier et 60 % du second), ainsi que nous l'indiquerons ultérieurement, à partir de dérivés bromés du carbinol (VII) : l'hydroxy-1 diphényl-2.3 bis-indényle-1.1', $C_{30}H_{22}O$, F_{inst} 150°, obtenu par action du bromure d'indényl-1 magnésium sur la diphényl-2.3 indone (II).

La transformation mutuelle de ces deux produits a pu être réalisée par fixation puis enlèvement de BrH d'une manière analogue à celle indiquée précédemment. D'autre part, l'action de la lumière solaire sur une solution benzénique de l'isomère F 240° donne quantitativement l'isomère F 210°.

AGRONOMIE. — *Sur le mode de nutrition des végétaux en milieu hétérogène et discontinu.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Pierre Boischot** (1).

Tout sol est *hétérogène*; cette hétérogénéité est accrue par les apports d'engrais divers. Un sol travaillé constitue d'autre part un milieu *discontinu* qui au cours de la période de végétation active est en général dépourvu d'eau mobile, c'est-à-dire non retenue par des forces plus ou moins élevées; une fraction importante du volume des vides est alors occupée par l'air. Ces conditions sont fort différentes de celles réalisées dans les cultures en solutions nutritives. On peut se demander dans quelle mesure ces caractères physiques propres au sol interviennent dans le mode de nutrition de la plante.

Divers auteurs (2) ont envisagé la possibilité d'une absorption des éléments fixés par voie d'échange direct entre les micelles colloïdales du complexe absorbant du sol et les colloïdes pecto-cellulosiques formant la membrane externe des radicelles à leur contact. Cette hypothèse est inutile si l'on tient compte de la diffusion, non seulement en ce qui concerne les éléments solubles dans l'eau, mais encore ceux fixés par adsorption comme l'anion phosphorique. A cet égard l'emploi des gels auxquels nous avons déjà eu recours (3) permet d'observer visuellement le comportement des sols.

On prépare un gel aqueux à 1 % de gélose débarrassée de toute trace de P. On lui incorpore vers 45°, 2^{cm^3} de réactif sulfo-molybdique pour 100^{cm^3}. A la surface on place une série de petits agrégats de sol de même diamètre (environ 1^{mm}) qu'on fait pénétrer par une légère pression du doigt. Après une heure on pulvérise à la surface le réactif réducteur ($SnCl_2$, 1 %). Il y a formation autour des granules d'un anneau bleu plus ou moins large, dû à la diffusion de P_2O_5. Cette méthode permet d'apprécier le niveau phosphorique d'un sol; elle met également en évidence son degré d'hétérogénéité avant échantillonnage.

La discontinuité du sol fait obstacle à la diffusion. Dans un milieu sableux à

(1) Avec la collaboration technique de Mlles Edwige Tyszkiewicz et Ginette Sylvestre.

(2) H. Jenny et R. Overstreet, *Soil Sci.*, 47, 1939, p. 257-272.

(3) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 595-598.

divers taux d'humidité nous avons observé ([3]) que la vitesse de diffusion de P_2O_5 du superphosphate décroît de façon continue lorsque la teneur en eau s'abaisse au-dessous de la capacité de rétention, pour devenir très lente aux faibles humidités. Dans les sols les colloïdes argileux viennent d'autre part ralentir considérablement la mobilité ionique ([4]).

Tandis qu'on s'est généralement proposé de déterminer la quantité de P_2O_5 facilement extractible, les considérations précédentes nous ont incités à rechercher comment varie la concentration de la solution du sol quand on fait croître P_2O_5 appliqué sous forme de superphosphate. Le tableau suivant montre que pour obtenir une concentration de 1 mg/l ([5]), correspondant au maximum d'effet sur la croissance en solution constamment renouvelée, il faudrait apporter dans les sols argileux pauvres, à pouvoir de fixation élevé, des quantités d'engrais bien supérieures à celles assurant effectivement le maximum de rendement au champ. Dans de tels sols (nos 2-3-4) une dose de 4 à 500 kg/ha n'a qu'un effet négligeable sur les concentrations observées. L'efficacité de cet apport est imputable à l'existence, au voisinage immédiat des particules terreuses de solutions plus concentrées que celles extraites du sol au laboratoire ([6]).

Variation de la concentration en P_2O_5 de la solution des sols (mg/l).

	Limon de Choisy.		3	4	
	1 Sol.	2 Sous-sol.	Terre argilocalcaire de Grasse.	Limon de la Somme.	5 Terre calcaire.
Argile (%)	15	27	40	14	16
P_2O_5 assimil (%)	0,18	0,04	0,87	0,14	16,83
Quantité de super à 15 % introduite (kg/ha).					
0	0,24	0,11	0,47	0,34	0,27
120	0,32	0,11	0,47	0,34	0,34
240	0,45	0,11	0,47	0,34	0,39
480	0,86	0,21	0,60	0,59	0,60
720	**1,08**	0,26	0,67	0,72	0,79
960	1,25	0,31	0,76	0,84	**0,99**
1200	1,90	0,46	0,84	**1,15**	1,20
1500	2,75	0,55	0,93	1,65	1,60
1800	3,90	**0,65**	**1,10**	2,20	2,2

([4]) R. SCHOFIELD, *Faraday Soc.*, n° 3, 1948.

([5]) Dans un sol dépourvu de pouvoir fixateur et d'humidité moyenne, ce résultat serait atteint par un apport de 30 à 40 kg/ha de P_2O_5.

([6]) Rapprocher les observations de Barbier, Chabannes et Marquis (*Plant and Soil*, n° 1, 1948, p. 14).

Ces diverses observations conduisent aux conclusions suivantes en ce qui concerne les méthodes destinées à prévoir la réponse des cultures aux apports d'engrais :

La concentration en un élément donné des solutions existant dans le sol n'est pas uniforme en chaque point, surtout après un apport d'engrais; l'hétérogénéité s'accentue, avec possibilité d'avantage, dans le cas où ceux-ci sont granulés ou localisés; elle diminue s'il y a lessivage du sol au cours d'hivers pluvieux, mais elle s'exagère lorsque l'humidité s'abaisse au-dessous de la capacité de rétention du sol, comme c'est généralement le cas au cours de la période de végétation. Les méthodes chimiques dans lesquelles la terre est soumise à l'action d'un réactif aqueux *quel qu'il soit*, détruisent la structure discontinue et l'hétérogénéité propres au sol en place. Elles ne peuvent prétendre qu'à la détermination du stock d'un élément sous une forme plus ou moins labile considérée comme assimilable.

Il ne faut pas s'attendre à une corrélation étroite et constante entre les réserves ainsi évaluées et leur utilisation par la plante. Ces deux notions ne doivent être ni confondues ni opposées. La première traduit un niveau nutritif *moyen*, un potentiel auquel peut correspondre une intensité variable. La seconde ([7]) fait intervenir les conditions de milieu influençant l'alimentation de la plante, notamment l'humidité dont le rôle est capital.

En ce qui concerne l'appréciation du besoin en un élément fertilisant, il faut voir dans l'analyse du sol un test dont la signification pratique dépend du degré de probabilité tiré de la confrontation des indications analytiques avec celles fournies par l'expérience culturale répétée; si ce degré est suffisamment élevé elle fournit une indication utile, mais on ne peut en attendre pour la fixation de la fumure une précision et une fidélité systématiques. L'analyse de la plante, particulièrement recommandable dans le cas des cultures pérennes (vigne, canne à sucre, arbres fruitiers), laisse également une marge d'indétermination, car son alimentation dans un même sol varie notablement suivant le caractère sec ou humide des saisons ([8]). Les discordances observées entre les diverses méthodes disparaissent pour les sols nettement riches ou pauvres. Dans l'intervalle l'interprétation des résultats analytiques relève des conditions locales et son degré de certitude est moindre.

Ces considérations autorisent à penser que les efforts faits pour découvrir en la matière un réactif *unique* d'une valeur générale sont condamnés à demeurer vains. Compte tenu des réserves de principe que nous avons formulées il n'en demeure pas moins que les différentes techniques actuellement

---

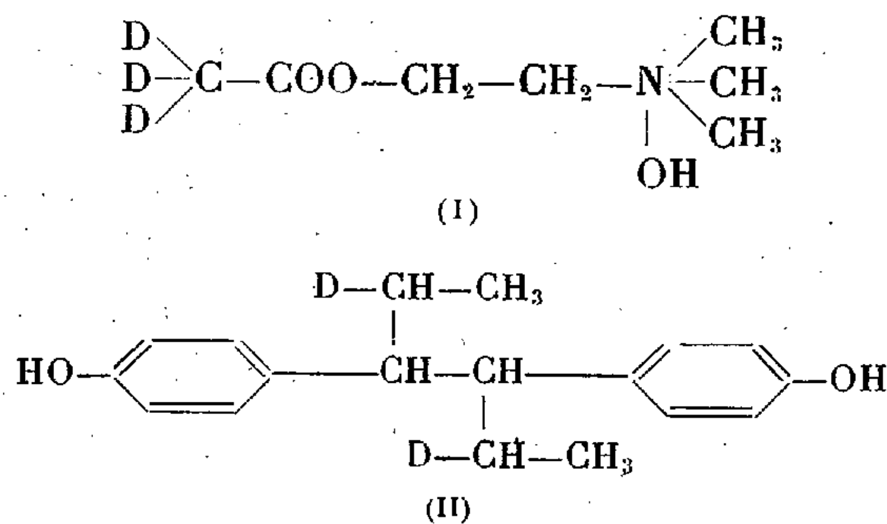
([7]) L. Maume et J. Dulac, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 945.

([8]) P.-J.-J. Franc de Ferrière, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1376 et *C. R. Acad. Agric.*, 35, 1949, p. 407.

utilisées, bien que perfectibles ([9]), apportent à l'agronome averti un précieux élément de diagnostic. Elles ont permis d'attirer l'attention sur la proportion élevée de sols déficients en acide phosphorique.

ENDOCRINOLOGIE. — *Préparation chimique et activité biologique d'une substance œstrogène marquée par le deutérium : le* 2.5-*dideutério*-3.4-*di* (*p*-*hydroxyphényl*) *hexane*. Note de MM. **Antoine Lacassagne**, **Ng.-Ph. Buu-Hoï**, **Antonio Chamorro**, **Nguyên Dat-Xuong** et **Nguyên Hoan**.

Le deutérium a déjà été souvent utilisé pour marquer des molécules d'intérêt biologique (en particulier dans les séries des acides gras et des stéroïdes), afin d'étudier leur métabolisme intermédiaire ([1]). Par contre, peu de recherches ont été faites sur les propriétés de molécules deutériées : ce sont celles de *Erlenmeyer et Lobeck* ([2]), qui ont trouvé que l'activité excitatrice de la trideutérioacéthylcholine (I) sur le système sympathique est inférieure d'environ 30 % à celle de l'acéthylcholine normale; de *Sonderhoff et Thomas* ([3]) qui ont observé que la vitesse de déshydrogénation enzymatique de l'acide deutériosuccinique est diminuée d'un quart par comparaison avec celle de l'acide succinique ordinaire; alors qu'au contraire, *Hansen et Dybing* ([4]) n'ont pu détecter que très peu de différence entre les activités narcotiques du deutérioéthyléther $(C_2D_5)_2O$ et de l'éther ordinaire $(C_2H_5)_2O$ chez *Daphnis magna*.



De notre côté, nous nous sommes proposé de rechercher l'influence de l'introduction du deutérium dans la molécule d'une substance œstrogène de synthèse, l'hexœstrol, dont l'activité est bien déterminée, quantitativement et qualitativement.

([9]) A. Demolon et P. Boischot, *C. R. Acad. Agric.*, 36, 1950.

([1]) *Voir* notamment la monographie de R. Schoenheimer, *J. Appl. Physics*, 12, 1941, p. 322.

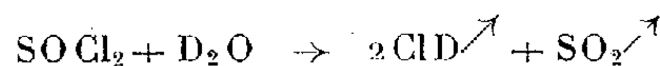
([2]) *Helv. chim. Acta*, 20, 1937, p. 142.

([3]) *Liebig's Annalen*, 530, 1937, 195.

([4]) *Arch. exp. Pathol. Pharmakol.*, 192, 1939, p. 600.

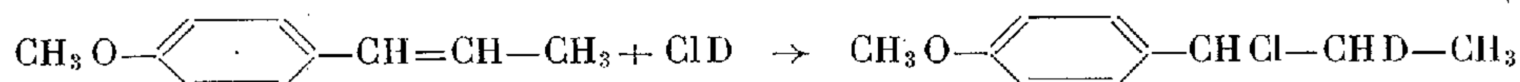
A cet effet, nous avons préparé une molécule de di-deutériohexœstrol, le 2.5-dideutério-3.4-di (*p*-hydroxyphényl) hexane (II), par une méthode inspirée de celle de *Buu-Hoï et Hoan* pour la synthèse de l'hexœstrol ordinaire ([5]). Elle comporte les stades suivants :

1° Préparation du chlorure de deutérium pur, anhydre, par action de l'eau lourde à 99,6 % de D_2O sur le chlorure de thionyle pur, selon le schéma

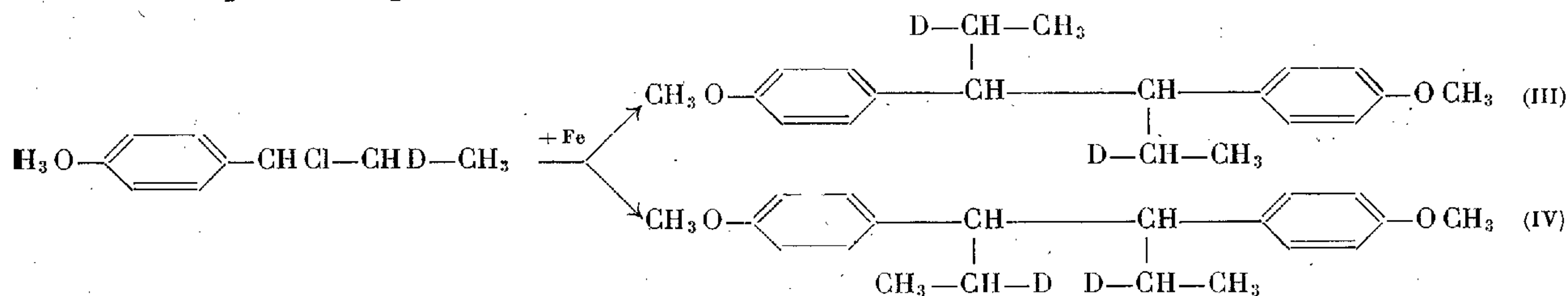


$$SOCl_2 + D_2O \rightarrow 2ClD\nearrow + SO_2\nearrow$$

2° Fixation du chlorure de deutérium gazeux sur l'anéthole, à basse température, selon la réaction d'addition

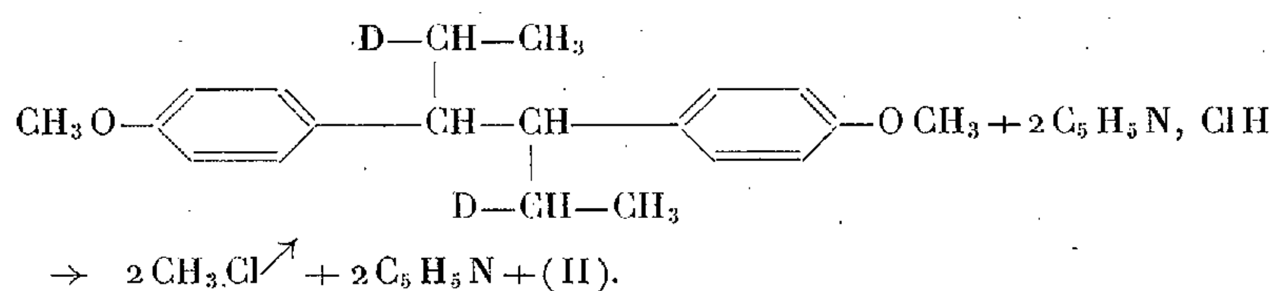


3° Couplage déchlorurisant de deux molécules d'α-chloro-β-deutériopropylanisole ainsi formé, au moyen de la poudre de fer (réduit par l'hydrogène) en suspension aqueuse, vers 90-100° :



Dans cette réaction de couplage, il se forme à la fois l'isomère *cis* (IV) et l'isomère *méso* (III) correspondant à l'éther diméthylique du dideutério-hexoestrol; le premier est inintéressant, en ce qui nous concerne.

4° L'isomère *méso*, qui cristallise de l'éthanol sous forme d'aiguilles prismatiques incolores, fondant à 146° (le composé non deutérié correspondant fond à 147-148°), est transformé quantitativement en dideutériohexœstrol (II) par chauffage avec le chlorhydrate de pyridine anhydre



$$\rightarrow 2CH_3Cl\nearrow + 2C_5H_5N + (II).$$

Le dideutériohexœstrol ainsi obtenu cristallise du benzène sous forme de fines aiguilles incolores. Comme on pouvait le prévoir d'après les propriétés des molécules deutériées déjà connues jusqu'ici, son point de fusion de 186° est très voisin de celui de l'hexœstrol ordinaire, ainsi que ses autres propriétés physiques et chimiques.

([5]) *J. org. Chem.*, **14**, 1949, p. 1023.

L'activité physiologique du dideutériohexœstrol a été comparée à celle de l'hexœstrol chez des rats et des souris, dans des expériences dont les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

1° *Vagin de rats adultes castrés.*

Substance.	Nombre d'animaux.	Dose totale injectée en γ.	Réactions observées.		
Hexœstrol.....	21	0,25	2 œstrus francs	14 prœstrus	5 pas de réaction
	28	0,30 (*)	14 » »	11 »	3 »
Deuter. Hex...	21	0,25	1 » »	14 »	6 »
	28	0,30	13 » »	7 »	8 »

2° *Utérus de jeunes rats castrés, de 50 à 60g.*

			Rapport du poids moyen des utérus avec celui des témoins.
Hexœstrol.....	8	0,1	Augmentation de 100 % après 6 et 30 heures
	3	0,6 (**)	» de 350 %, 72 heures après la 1re inj.
Deuter. Hex...	8	0,1	» de 95 % après 6 et 30 heures
	3	0,6	» de 330 %, 72 heures après la 1re inj.

3° *Utérus de souris adultes castrées.*

Hexœstrol.....	3	0,3 (***)	Augmentation de 100 %, 36 heures après la 1re inj.
Deuter. Hex...	3	0,3	» 95 %, 36 » »

4° *Glandes endocrines de jeunes rats mâles de 50 à 60g.*

			Croissance générale.	Hypophyse.	Testicule.	Vésicule sém. et prostate.
Hexœstrol.....	3	240 (****)	Ralentie	Hypertrophie	Atrophie	Atrophie
Deuter. Hex...	4	240	*id.* (égal.)	*id.* (un peu inf.)	*id.* (un peu sup.)	*id.* (un peu inf.)

(*) L'administration d'une dose supérieure ne permet de déceler aucune différence entre les effets des deux produits.

(**) Six doses de 0γ,1 en 48 heures.

(***) Trois doses de 0γ,1 en 24 heures.

(****) Trois doses de 20γ par semaine, pendant quatre semaines.

Il résulte de ces expériences que le remplacement, en position 3 et 4 sur la molécule d'hexœstrol, de deux atomes d'hydrogène par deux atomes de deutérium, n'amène que de faibles changements des effets biologiques, consistant dans une légère diminution d'activité sur différents organes-cibles. Il reste à savoir si l'introduction d'un nombre plus grand d'atomes de deutérium (ou surtout d'atomes de tritium) ne rendrait pas le phénomène plus manifeste.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la répartition de l'urée à travers les liquides de l'organisme.* Note de MM. **Léon Binet**, **Pierre Tanret** et M[lle] **Madeleine Marquis**.

On considère en général que l'urée est un corps très diffusible, dont la concentration est sensiblement la même dans la plupart des liquides de l'organisme. Toutefois les résultats des dosages sont rapportés au poids de tissu frais analysé, et l'on néglige de les rapporter au poids d'eau qu'ils contiennent. Cela pourtant est indispensable si l'on veut comparer entre elles les concentrations uréiques des différents milieux de l'organisme.

Afin de combler cette lacune, nous avons dosé simultanément l'extrait sec et l'urée du plasma et de quelques tissus. L'urée a été dosée au xanthydrol par la technique indiquée par Kiech et Luck (¹). Nos recherches ont porté, d'une part sur des lapins et des chiens normaux, d'autre part sur des lapins et des chiens intoxiqués par une dose de nitrate d'urane de 3 mg/kg.

Pour interpréter nos résultats, force est de reconnaître que les fragments de tissu, après l'essuyage sommaire que nous leur avons fait subir dans des conditions aussi semblables que possible, contiennent encore un mélange de liquides extra- et intra-cellulaires. On est frappé cependant de la remarquable fixité de la teneur en eau d'un même tissu, chez des animaux de même espèce, tous sacrifiés par saignée (Plasma : Lapin 92,3 % $\pm$ 0,04, Chien 92,5 % $\pm$ 1,1; Muscle : Lapin 77 % $\pm$ 0,4, Chien 75 % $\pm$ 0,4; Foie : Lapin 73,2 % $\pm$ 1,1, Chien 70 % $\pm$ 1). On peut donc penser que l'eau de ces tissus exangues est constamment de même origine, et pour la plus grande part, composée d'eau intra-cellulaire. De toute façon, si la concentration uréique de l'eau d'un tissu est plus forte que celle de l'eau du plasma qui peut la diluer, c'est que ce tissu contient une solution intra-cellulaire plus riche en urée que la solution plasmatique qui l'environne. Et c'est précisément ce que l'on observe.

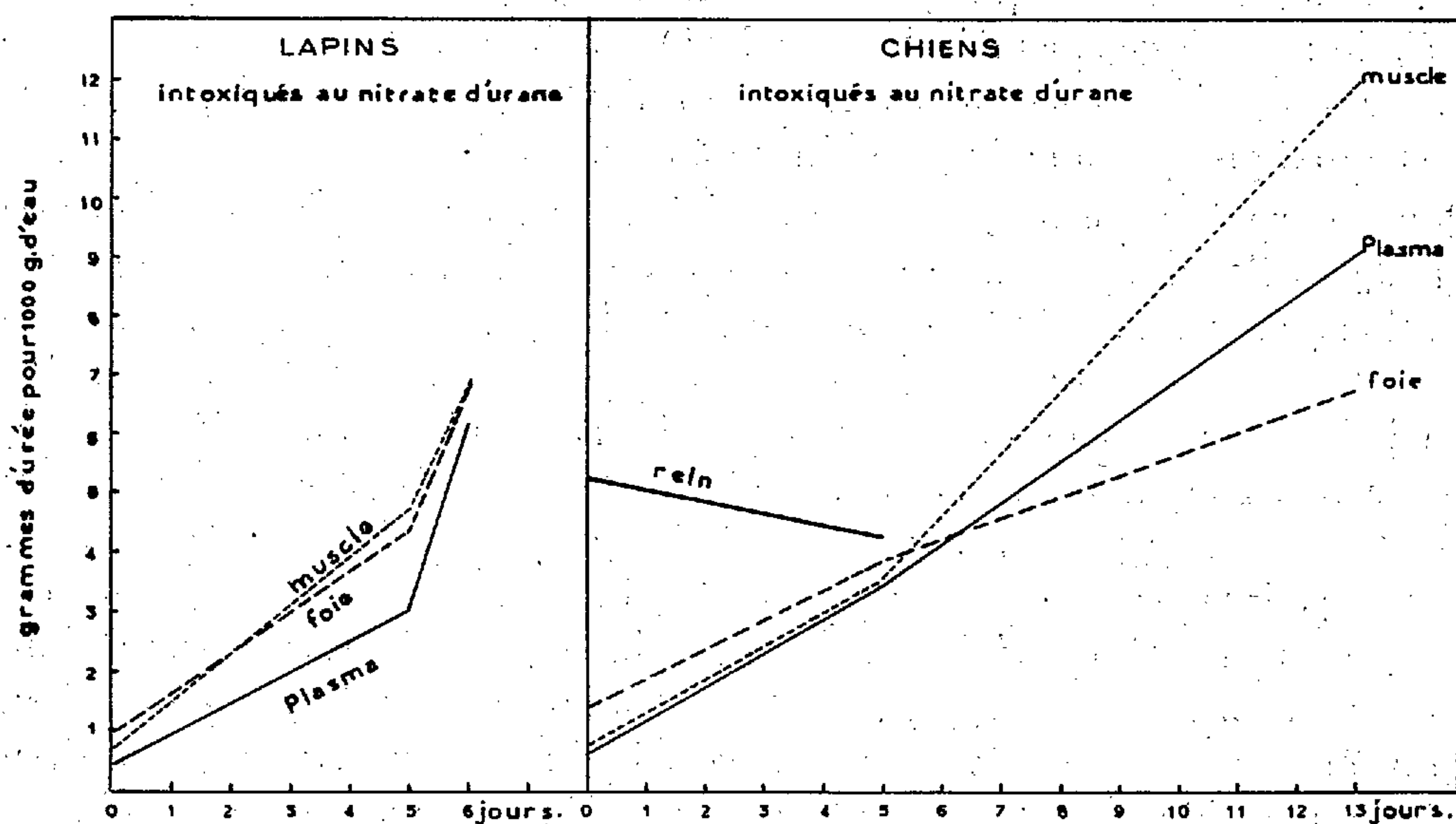
1. A l'état normal, chez 11 lapins, les concentrations uréiques moyennes de la solution plasmatique est de $0^g,41$; celle de la solution musculaire est de $0^g,73$; celle de la solution hépatique de $0^g,92$. Le rapport des concentrations moyennes plasmatique et musculaire est donc de 0,52, avec des écarts extrêmes de 0,39 et 0,82; celui des concentrations moyennes plasmatique et hépatique est de 0,44, avec des écarts extrêmes de 0,40 à 0,55.

Chez quatre chiens à jeun la concentration uréique moyenne de la solution plasmatique est de $0^g,58$; celle de la solution musculaire de $0^g,78$; celle de la solution hépatique de $1^g,44$ et chez deux chiens, celle de la solution rénale est de $5^g,28$. Le rapport des concentrations moyennes plasmatique et musculaire

(¹) *J. Biol. Chem.*, 77, 1928, p. 723-731.

est donc de 0,70 avec des écarts extrêmes de 0,54 et 1,04; celui des concentrations moyennes plasmatique et hépatique de 0,40 avec des écarts extrêmes de 0,33 et 0,48; celui des concentrations moyennes plasmatique et rénale de 0,11.

2. Chez les animaux intoxiqués par le nitrate d'urane, l'élévation de la concentration uréique de la solution plasmatique croît proportionnellement plus vite que celle des solutions hépatique et musculaire (voir *figure*). Elles tendent à s'égaliser vers le cinquième jour chez le Chien, vers le sixième chez le Lapin. Il n'en reste pas moins que jusqu'à ce moment, l'organisme recèle dans les muscles et le foie des quantités d'urée dont ne rendent pas compte les dosages de l'urée sanguine.



Cette égalisation des concentrations intra-tissulaires porte également sur le rein. Chez les animaux anuriques, au cinquième jour, le rapport des concentrations des solutions plasmatiques et rénales approche de 0,90.

La concentration uréique est toujours sensiblement égale, comme cela est admis depuis longtemps, dans l'eau du plasma et des globules rouges.

Passé le sixième jour, la concentration uréique continue à s'élever dans la solution plasmatique. Elle peut alors s'élever plus vite dans la solution musculaire, moins vite dans la solution hépatique. Il s'ensuit que, par exemple, chez un Chien agonisant au treizième jour, nous trouvons un rapport de 0,76 entre la concentration de la solution plasmatique à $9^g,16$ et celle de la solution musculaire à $11^g,8$. On voit de quelles surcharges d'urée les muscles sont capables, et combien il faut en tenir compte dans l'étude des équilibres osmotiques qu'elles peuvent conditionner.

3. Si l'on injecte au Chien, en 50 minutes, une dose d'urée de 6 g/kg, on voit monter brusquement les concentrations uréiques des solutions plasmatiques et musculaires, celles-ci étant déterminées sur des fragments de muscle prélevés par biopsie. A la sixième heure, le rapport moyen des concentrations uréiques de l'eau du plasma et du muscle est de 1. Malgré cette égalisation moyenne des concentrations, il existe des écarts individuels allant de 0,86 à 1,20; et ces écarts, qui ne paraissent pas en rapport avec l'importance plus ou moins grande de la diurèse, montrent qu'il reste aléatoire, même dans ces conditions, d'admettre une égale concentration de l'urée à travers les différents milieux liquides de l'organisme.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique du tétranitrométhane. Rotativité de la liaison* $C-NO_2$. Note de MM. **René de Mallemann** et **François Suhner**.

Le tétranitrométhane, préparé au laboratoire du Centre d'études du Bouchet sous la direction de M. l'Ingénieur général Kovache, distillait entre 41° et 48° sous 20^{mm}. Le produit fut solidifié par refroidissement à 0°; les cristaux essorés fondaient à 12° en un liquide transparent, légèrement jaune, facile à maintenir en surfusion et se prenant en masse au contact d'un germe cristallin. Les rotations ont été observées, d'une part, dans une cuve de 5^{mm} placée entre les pôles creux d'un électro-aimant, d'autre part, dans un tube de 50^{cm} centré sur l'axe d'un solénoïde. Les deux dispositifs ont donné des résultats très concordants.

$d_{20}^{20} = 1,6355$ (¹), $n_{20}^{578} = 1,4393$.

$\lambda = 578^{m\mu}$, $t = 20°$	Constante de Verdet en minutes	$\Lambda = 0,665.10^{-2}$
	Rotation moléculaire rapportée à l'eau	$\rho_M = 3,24$
	» moléculaire en radians	$[\Lambda]_M = 23,3.10^{-5}$
	Rotativité en radians	$[\Omega]_M = 18,2.10^{-5}$

$$\text{Dispersions : } \frac{546}{578} = 1,126, \qquad \frac{436}{578} = 1,785.$$

A supposer la constitution moléculaire parfaitement symétrique, on aurait donc pour la liaison $C-NO_2$, $[\Omega]_M = 4,55$ (en unités 10^{-5}).

Ce nombre serait nettement supérieur à celui que l'on déduit du nitrométhane (3,75), quand on prend pour la liaison C—H la valeur 2,35 qui correspond aux carbures aliphatiques (égale au quart de la rotativité directement mesurée à partir du *gaz* méthane).

Ces résultats sembleraient indiquer que la coexistence de plusieurs

(¹) D'après Lewis et Smyth, $d_{25}^{25} = 1,62294$; on trouve dans les *Chemical Tables*, $d_{13} = 1,650$.

groupes NO_2 a pour effet de majorer (exaltation), dans une proportion très notable, la rotativité de chaque $C - NO_2$.

Mais on sait d'autre part que la rotativité de $C - H$ s'abaisse à 2,15 dans les carbures cyclaniques, nombre qui concorde très bien avec la valeur calculée (pour deux électrons C : H) à partir des réfractivités connues de C et de H. Conséquemment, les rotativités de $C - NO_2$ dans $C(NO_2)_4$ et CNO_2H_3 se rapprocheraient beaucoup si l'on prend ici pour $C - H$ la valeur faible (théorique), autrement dit si l'on suppose que la présence du groupe NO_2 a un effet *réducteur* sur les rotativités des autres liaisons avoisinantes.

Or, l'existence d'un tel effet est indiscutable dans nombre de cas. Sans parler des dérivés nitrés du benzène et du naphtalène (où la réduction est énorme et semble alors résulter principalement d'une interaction spéciale qui neutralise l'effet de conjugaison des liaisons du cycle *aromatique*), nous citerons l'exemple de la *chloropicrine* CNO_2Cl_3. La rotativité de la liaison $C - Cl$ (déduite de CCl_4) vaut 9,5, alors que dans CNO_2Cl_3 elle atteint seulement 8,4.

En ce qui concerne le tétranitrométhane, il y a lieu de rappeler que des faits d'ordre chimique ont conduit à des formules de constitution du type *nitrite* (uniaxes), auquel cas la variation de la rotativité s'expliquerait par la différence des structures, mais les faits d'ordre physique (en particulier, la structure cristalline analysée par diffraction électronique, les valeurs quasi négligeables de la biréfringence électrique et du moment permanent) semblent imposer une constitution moléculaire de symétrie cubique.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'apparition spontanée de la* Gueule de loup *chez l'embryon de Poule*. Note de MM. **Paul Ancel** et **Jean Courtial**.

La déficience dans le développement des bourgeons maxillaires supérieurs réalise chez l'embryon de Poule, une malformation semblable à celle décrite chez l'Homme et les Mammifères sous le nom de *gueule de loup* et constituée par l'association du bec de lièvre avec la fissure palatine. A notre connaissance, l'existence à l'état spontané de ces malformations n'a pas été signalée chez la Poule. Wolff (1) a obtenu à l'aide de rayons X l'atrophie des bourgeons maxillaires supérieurs en irradiant la zone du mésencéphale chez des embryons de 13 somités. Ancel (2) a réalisé expérimentalement la gueule de loup à l'aide de la trypaflavine injectée à la 48e heure de l'incubation. Le bourgeon maxillaire supérieur parut à ce stade, électivement sensible à cette substance chimique, de nombreuses autres substances injectées dans les mêmes conditions n'ayant pas fait apparaître la malformation, mais il n'est pas l'ébauche organique la plus sensible à la trypaflavine, car les embryons affectés de

(1) E. Wolff, *Thèse Doctorat ès sciences*, Strasbourg, 1936.
(2) P. Ancel, *La chimiotératogénèse chez les Vertébrés*, Paris, 1950.

gueule de loup étaient toujours porteurs d'autres malformations typiques. La gueule de loup ainsi obtenue doit donc être considérée comme une malformation secondaire qui peut exister ou faire défaut chez les embryons privés d'amnios et rendus célosomiens par cette substance.

Nous avons récemment obtenu des embryons de Poule porteurs de gueules de loup sans intervention expérimentale sur l'embryon. Ils provenaient d'un élevage dans lequel des poules Leghorn blanches et un coq de race Faverolle étaient placés dans des conditions défectueuses. Ces animaux étaient bien nourris de graines, mais l'espace qui leur était réservé n'était jamais ensoleillé, le sol était dur et sans herbe et par conséquent, dépourvu de proies vivantes.

Les premières malformations observées ont été de la brachymélie et des malformations du bec (raccourcissement du demi-bec inférieur, courbure plus ou moins accentuée du demi-bec supérieur). De nombreux auteurs ont obtenu ces mêmes malformations en carençant la nourriture des poules pondeuses en diverses substances comme les protéines [Bierly, Titus et Ellis (3)], le manganèse [Lyons et Insko (4)], la riboflavine [Romanoff et Bauenfeind (5)], la biotine [Cravens, Gibbon et Sebesta (6)]. Ce syndrôme (brachymélie associée aux malformations du bec), déterminé par une carence alimentaire, s'est ultérieurement compliqué dans notre élevage par l'apparition de gueule de loup.

Les observations ont été faites sur 149 embryons ayant dépassé le 8e jour de l'incubation. Parmi eux, 40 étaient brachymèles et présentaient ou non, suivant les cas, des malformations du bec associées à la brachymélie. Les cas de gueule de loup étaient au nombre de 10, la statistique étant faite depuis le moment où est apparue la première gueule de loup. Ces 10 cas ont tous été observés chez des brachymèles. La gueule de loup apparaît donc, dans nos expériences, comme une malformation d'un trouble du développement supérieur en intensité à celui qui détermine la brachymélie. Comme dans les cas de réalisation de la gueule de loup par la trypaflavine, cette malformation apparaît comme une malformation secondaire déterminée par les mauvaises conditions d'élevage, mais les malformations primaires qui l'accompagnent sont différentes (brachymélie d'une part, célosomie et absence d'amnios de l'autre), tandis que chez l'Homme et les Mammifères la gueule de loup peut être la seule malformation dont un embryon soit porteur.

Les agents tératogènes, générateurs de gueule de loup chez l'embryon de poule, ont aussi entraîné une mortalité précoce des porteurs de cette malformation, mais elle a été plus marquée pour les mauvaises conditions d'élevage

---

(3) *Journ. agr.*, 46, 1931, p. 1.
(4) *Kentucky agr. exp. sta. Bull.*, n° 371, 1937. p. 61.
(5) *Anat. Rec.*, 82, 1942, p. 11.
(6) *Anat. Rec.*, 90, 1944, p. 55.

que pour la trypaflavine. Dans le premier cas, en effet, les porteurs de gueule de loup sont morts avant le quinzième jour, tandis qu'avec la trypaflavine, certains embryons ont atteint la fin de la période d'incubation.

Bien que les cas de gueule de loup relevés dans nos expériences soient relativement peu nombreux, l'existence de différences individuelles entre les poules pondeuses peut cependant être mise en évidence dans la production de cette malformation. Sur les 10 cas, en effet, relevés dans un élevage de 5 poules, 8 provenaient des œufs d'une même poule, c'est aussi celle qui avait fourni le plus grand nombre de brachymèles.

Conclusion. — La gueule de loup peut être produite chez l'embryon de poule par de mauvaises conditions d'élevage. Elle n'est apparue dans nos expériences que chez des individus brachymèles, morts avant la fin de la période d'incubation.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La suspension de la vie des spores des Bactéries et des Moisissures desséchées dans le vide, vers le zéro absolu. Ses conséquences pour la dissémination et la conservation de la vie dans l'Univers.* Note de M. **Paul Becquerel.**

L'auteur a obtenu la suspension de la vie des spores desséchées du *Bacillus subtilis*, du *B. mesentericus*, du *Penicillium glaucum*, du *Mucor mucedo*, du *Rhizopus niger*, dans le vide le plus élevé, deux heures entre 0,0075° K et 0,047 °K, au Laboratoire Cryogène Kamerlingh Onnes. Si ces spores sont protégées dans le vide glacé des espaces célestes contre les radiations abiotiques, leur pouvoir germinatif, dans ces conditions, paraît illimité; il y a donc des possibilités pour la conservation et la dissémination de la vie dans l'Univers.

Avec les graines déshydratées dont j'ai donné le résultat dans ma dernière Note (1), se trouvaient aussi des Bactéries sporulées, *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus*, des spores de Moisissures, *Aspergillus niger*, *Penicillium glaucum*, des spores de *Mucor mucedo* et de *Rhizopus niger*. Ces organismes fixés sur de petites lamelles de cellophane repliées, avaient été aussi soigneusement déshydratés et inclus dans la poudre comprimée d'alun de fer desséché. Au laboratoire cryogène de Leyde, ils ont été soumis, après avoir été plongés dans l'hélium liquide, à la démagnétisation adiabatique, ce qui leur a fait atteindre pendant deux heures, le vide le plus élevé et la température la plus basse entre 0,0075 °K et 0,047 °K.

Ces bactéries et ces spores retirées de leur milieu, après avoir été débarrassées de la poudre d'alun de fer toxique, furent ensuite ensemencées dans du bouillon et sur des fragments de pommes de terre alcalinisés et stérilisés dans des tubes de culture, en même temps que les organismes témoins, desséchés, qui avaient été conservés. Ces bactéries et ces spores germèrent et se multiplièrent comme

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1274.

celles des tubes témoins, au bout de quelques jours, à la température de 25° C. Ces résultats confirment ceux que nous avions obtenus aux températures de l'air et de l'hydrogène liquide entre — 190 et — 250° C (²). Cependant ils sont plus complets; ils nous apportent la certitude que les germes ont subi simultanément les actions combinées de la déshydratation, du vide et de la température les plus extrêmes qui les ont intégralement solidifiés et synérésés. Comme pour les graines, le protoplasme de ces spores n'est plus en vie ralentie, car il a perdu, avec son état colloïdal, les conditions indispensables à la manifestation des phénomènes physicochimiques de la vie. Cependant il a conservé sa propriété de reviviscence, tant que durent ces conditions exceptionnelles. Celles-ci étant réalisées dans les espaces interstellaires, les spores qui s'y trouveraient pourraient presque indéfiniment rester en vie suspendue. Déjà, Svante Arrhénius avait calculé la diminution de la puissance germinative des spores à la température de — 220° C. En raison du ralentissement de leurs réactions chimiques, « elle ne diminuerait pas plus à cette température réalisée dans les espaces cosmiques de trois millions d'années que dans une seule journée à 10° C ». Que n'aurait-il pas affirmé, s'il avait connu nos résultats aux confins du zéro absolu? Nous apportons donc une nouvelle confirmation à une grande partie de sa conception de la radiopanspermie dont sont restés partisans de nombreux biologistes. Selon cette hypothèse, « la vie, nous dit-il, comme la matière, existe de toute éternité dans l'Univers. Elle se transmet de monde en monde par des germes en vie latente. Rien ne s'oppose à ce que des spores, des particules vivantes desséchées, plus petites que les longueurs des ondes lumineuses, soient emportées par la pression de radiation dans le vide glacé des espaces interstellaires, jusqu'à ce qu'elles rencontrent des poussières cosmiques d'un nouveau système solaire. Attirées sur elles par attraction de leurs masses, elles tomberont lentement dans l'atmosphère d'une nouvelle planète et l'ensemenceront si les conditions sont favorables.

« C'est ainsi que la vie a pu apparaître sur la Terre et que la Terre ensemencerait d'autres mondes (³). » Nous avons vérifié par nos expériences, si les germes ne succomberaient pas dans ces longs voyages durant des milliers d'années et nous avons trouvé, que, malheureusement, les radiations ultraviolettes du Soleil (⁴) les décomposeraient même congelés dans le vide à la basse température de l'air liquide au bout de six heures (²). On a bien objecté que les germes pourraient être protégés, dans les interstices des poussières cosmiques, ou même se trouver dans l'intérieur des météorites. Mais ces dernières sont toujours d'origine ignée, ayant été portées à une température

---

(²) *Comptes rendus*, **150**, 1910, p. 1347.

(³) Sv. Arrhenius, *L'évolution des mondes. La vie dans l'Univers*, 1910, p. 236, Paris.

(⁴) P. Becquerel, *Comptes rendus*, **151**, 1910, p. 866.

de 2000° avant de se refroidir. D'autre part, comme l'a remarqué Fabry, Svante Arrhenius avait oublié dans son hypothèse, que même dans le vide glacé, tout germe non transparent ni réfléchissant, s'approchant d'un soleil, absorbant ses radiations lumineuses les transformerait en radiations calorifiques. Sa température deviendrait incompatible avec la résistance de son protoplasma.

Quoi qu'il en soit, trois conclusions importantes pour la dissémination de la vie et de sa conservation dans l'Univers résultent de nos expériences sur les spores déshydratées dans le vide aux confins du zéro absolu

1° Ces spores solidifiées, à l'état de vie suspendue, si elles sont placées à l'abri des radiations abiotiques cosmiques, paraissent susceptibles de supporter le vide glacé des espaces interstellaires pendant d'énormes durées, sans perdre leur pouvoir germinatif.

2° La panspermie interastrale qui semble actuellement impossible, deviendrait réalisable, avec les progrès de l'astronautique, lorsque des appareils ou des projectiles pourraient emporter les germes protégés sur d'autres mondes dont les conditions seraient favorables.

3° La vie latente des germes aux basses températures est encore le moyen le plus efficace pour conserver le plus longtemps possible la vie sur la Terre. En effet, que le froid envahisse un jour notre planète, soit par l'éloignement du Soleil, l'absorption de ses radiations ou par leur extinction, à la suite de certains événements astronomiques, notre atmosphère se liquéfierait, comme cela est déjà arrivé pour celles de Jupiter, Uranus, Neptune, Pluton. Le monde végétal et le monde animal disparaîtraient. Seuls longtemps subsisteraient en vie suspendue, les spores, les œufs, les animalcules reviviscents, prêts à une nouvelle évolution, si des conditions cosmiques favorables revenaient.

M. **André Danjon** fait hommage à l'Académie d'un fascicule consacré au *Colloque* organisé par lui à l'Observatoire de Paris du 27 mars au 1er avril 1950, et qui est intitulé : *Colloques internationaux du Centre national de la Recherche scientifique*. XXV. *Constantes fondamentales de l'Astronomie*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Charles Maurain** :

L'inversion de rayonnement au sol à Tuléar, par Jean Emon.

ÉLECTIONS.

L'ordre du jour appelle l'élection d'un Membre non résidant en remplacement de M. *Émile Cotton*, décédé.

M. le **Président**, en réponse à une question posée, indique que, conformé-

ment au règlement, les suffrages qui pourraient être donnés à M. *Denigès*, dont le nom a été porté sur une liste de présentation antérieure, seraient considérés comme valables.

Le nombre des votants étant 69,

M. Gaston Dupouy	obtient	37	suffrages
M. Émile Guyénot	»	21	»
M. Alexandre Dauvillier	»	5	»
M. Georges Denigès	»	3	»
M. Georges Reboul	»	3	»

M. **Gaston Dupouy**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

CORRESPONDANCE.

L'Académie est informée de la Cérémonie qui a eu lieu au Panthéon, le 17 décembre dernier, en l'honneur du 4e anniversaire de la mort de *Paul Langevin*, et de celle que l'**Institut Lombard des Sciences et des Lettres** a organisée à Milan, le 11 décembre, à la mémoire de *Costantino Gorini*.

Le **Centre National de la Recherche scientifique** informe l'Académie qu'une deuxième subvention de 1 million de francs est réservée à l'édition des **Œuvres de Henri Poincaré**, pour contribuer plus particulièrement à l'impression du tome VI.

Mme Veuve **Paul Cottenot** adresse des remercîments pour la distinction accordée à son Mari. Mlles **Marguerite Perey**, **Kitty Ponse**, MM. **Louis Antoine**, **Marius Badoche**, **Claude Beaumont**, **Paul Blanc**, **Édouard Boureau**, **Jean Brochard**, **Robert Champeix**, **André Charrueau**, **Albert Châtelet**, **René Dugas**, **Raymond Dughi**, **Michel Dupuy**, **Charles Fehrenbach**, **Robert Feissly**, **Maurice Françon**, **Pierre Gavaudan**, **Henri Geslin**, **Emilio Herrera**, **Marcel-Charles Jourdain**, **Jacques Labouret**, **Jean Laigret**, **André Lallemand**, **Jean Laval**, **Yves Le Grand**, **Pierre Lelong**, **Maurice Letort**, **Jean-Jacques Levallois**, **André Maréchal**, **Louis Maume**, **Louis Néel**, **Henri Pailloux**, **Eugène Revert**, **Noël Rist**, **Nicolas Stoyko**, **Jean Terrien**, **André Viaut** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. **Jean Combes, Antoine Giroud, Henri Humbert, Jean Montpellier,** le Directeur du **Centre d'études et de documentation paléontologiques,** le Général Commandant l'**École polytechnique,** le Président de la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées pour leurs recherches ou leurs Bibliothèques.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Edmond Blanc et Léon Delhoume. *La vie émouvante et noble de Gay-Lussac.*

2° Académie de la République populaire roumaine. *Valoarea teoriei ciclice clasice a motoarelor cu ardere internà,* par Gh. Nigolau.

3° Rensselaer polytechnic Institute. *The true idea of a polytechnic Institute,* by Benjamin Franklin Greene. — *American industry and the Colleges of Engineering.*

4° Observatoire Royal de Belgique. *Monographies.* I.

5° Poznańskie Towarzystwo Przyjaciól nauk. Wydzial matematyczno-przyrodniczy. *Prace Komisji nauk rolniczych i leśnych.* T. I, nos 1, 2.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les ensembles finis.*

Note de M. **Kiyosi Iséki**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est de donner une condition algébrique pour qu'un ensemble soit fini.

Désignons par 2^E l'ensemble de tous les sous-ensembles d'un ensemble donné E, où E est fini ou infini. Alors il est bien connu que 2^E constitue un corps d'ensembles, c'est-à-dire un anneau boolien possédant E comme un élément-unité (1).

Une étude systématique de cet anneau boolien a été faite par M. M. H. Stone (2).

Considérons un idéal m dans l'anneau. Désignons par m' tous les éléments orthogonaux à m.

Définition. — *Un idéal m est dit normal, si* $m = m''$, *où* $m'' = (m')'$.

Définition. — *Un idéal proprement* $\mathfrak{p}$ *est dit premier* (*ou maximal*), *si* $\mathfrak{p} \ni ab$ *entraîne* $\mathfrak{p} \ni a$ *ou* $\mathfrak{p} \ni b$.

Définition. — *Un idéal m est dit diviseur de zéro, s'il existe un idéal non trivial n tel que* $mn = 0$.

---

(1) G. Birkhoff, *Lattice theory*, 1948, p. 153.

(2) M. H. Stone, *Trans. of Am. Math. Soc.*, 40, 1936, 41, 1937 et *Fund. Math.*, 29, 1937.

LEMME. — *Dans un anneau boolien* R, *si un idéal premier* $\mathfrak{p}$ *est diviseur de zéro, il est normal.*

En effet, soit m un idéal non trivial tel que $\mathfrak{p}m = 0$, alors $\mathfrak{p}' \supset m$. Par suite, $m' \supset \mathfrak{p}''$, donc $m' \supset \mathfrak{p}'' \supset \mathfrak{p}$. Comme $\mathfrak{p}$ est un idéal premier, $m' = \mathfrak{p}$ ou R. Supposons $m' = R$, on a $m'' = 0$ et $m = 0$, cela contredit l'hypothèse que m est diviseur de zéro. L'idéal $\mathfrak{p}$ est donc aussi normal.

Enfin en vertu du théorème de M. H. Stone ([3]) et du lemme on a le

THÉORÈME. — *Les propositions suivantes sont équivalentes deux à deux :*

1° E *est fini.*

2° *Tout idéal premier dans l'anneau boolien* 2^E *est diviseur de zéro,*

3° *Tout idéal proprement dans* 2^E *est diviseur de zéro.*

4° *Tout idéal premier dans* 2^E *est normal.*

5° *Tout idéal dans* 2^E *est principal* (A. Tarski).

6° *Tout idéal premier dans* 2^E *est principal* (M. H. Stone-A. Tarski).

7° *Tout idéal dans* 2^E *est normal* (M. H. Stone).

La démonstration de ce théorème n'est pas difficile. Démontrons, par exemple, que 4° entraîne 1°.

Soient $\mathfrak{p}$ un idéal premier dans 2^E et $\Omega(E)$ l'espace compact de M. H. Stone associé à l'anneau boolien 2^E. Par hypothèse, $\Omega(E) - \mathfrak{p}$ est le domaine ouvert ([4]). Par conséquent, $\mathfrak{p}$ est la fermeture de l'intérieur de $\mathfrak{p}$, c'est-à-dire $\mathfrak{p} = \overline{\text{int}(\mathfrak{p})}$. Donc nous avons $\mathfrak{p} = \text{int}(\mathfrak{p})$. Tout point $\mathfrak{p}$ dans $\Omega(E)$ est isolé. Et comme $\Omega(E)$ est compact, $\Omega(E)$ est fini, ce qui montre que E est fini.

ALGÈBRE. — *Une théorie générale des idéaux.*

Note de M. **VIAKALATHUR-S. KRISHNAN**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Des idéaux et leurs représentations à l'aide des idéaux premiers ou primaires ont été considérés pour le treillis distributif par M. H. Stone ([1]) et pour l'anneau commutatif par W. Krull ([2]). Nous voulons étendre ces études au *ringoïd* ([3]) commutatif.

Les *modules* d'un ringoïd commutatif forment une $(\Sigma^*, .)$-algèbre avec une sous-algèbre, qui a la même multiplication, pour une base additive (formée par les modules principaux). Nous partons donc d'une $(\Sigma^*, .)$-algèbre L et la théorie des idéaux est développée par rapport à une base Δ qui est une sous-algèbre de L^* pour (.) et de plus satisfait aux conditions :

([3]) *Trans. of Am. Math. Soc.*, **41**, 1937, Theorem 1.

([4]) *Voir* C. KURATOWSKI, *Topologie*, **1**, 1933, p. 38.

([1]) *Cas. Pest. Mat. Fys.*, **67**, 1937, p. 1-25.

([2]) *Math. Ann.* **101**, 1929, p. 729-744.

([3]) D'après G. Birkhoff (*Lattice Theory*, 2 éd.) un *ringoïd* est une algèbre à multiplication associative, les autres opérations binaires étant distribuées par la multiplication.

1° $\delta < \Sigma^* \delta_i$ dans L, pour δ, δ_i de Δ, seulement si $\delta <$ une somme finie $\Sigma^* \delta_{i_r} (r = 1, \ldots, n)$ des δ_i;

2° chaque élément de L est une somme des éléments de Δ; et

3° $\delta < a +^* b$ pour δ de Δ et a, b de L, seulement si $\delta < \delta_1 +^* \delta_2$ pour éléments δ_1, δ_2 de Δ tels que $\delta_1 < a$, $\delta_2 < b$.

Un élément a de L est un (élément) *idéal* si $a.u < a$ où u est l'élément le plus grand dans L. On a un homomorphisme de L à la $(\Sigma^*, .)$-algèbre L^* des idéaux, et la base Δ de L est transformée en une base Δ^* du même type pour L^*.

Nous étendrons facilement les notions suivantes de la théorie des idéaux d'un anneau commutatif : les éléments ou les idéaux *premiers*, *primaires*, *semi-premiers*; le *radical* d'un élément ou idéal; la propriété d'un élément d'être *premier à* un autre; les *m*-ensembles de L ou L^* [correspondant aux *multiplikativabgeschlossene Menge* définies par W. Krull (²)], et le *composant* a_M d'un élément a défini par un *m*-ensemble M.

Deux théorèmes d'existence nous assurerons qu'il existe des idéaux premiers maximaux et minimaux contenant un idéal a donné, et en dehors d'un *m*-ensemble M qui ne contient pas a. Les idéaux premiers minimaux sont appelés les *h-idéaux premiers de a* [correspondant aux *höchstes Primideale von a* définies par W. Krull (²)]; et les idéaux premiers maximaux en dehors du *m*-ensemble Π_a formé par les éléments premiers à a sont appelés *les n-idéaux premiers de a* [correspondant aux *niedrigstes Primideales von a* définies par W. Krull (²)].

Associés aux *h*-idéaux premiers p de a sont les *m*-composants $a_p = a_{\Pi_p}$ définies par les *m*-ensembles Π_p; ils sont appelés *les composants primaires isolés de a*; les *m*-composants $a_p = a_{\Pi_p}$ associés aux *n*-idéaux premiers p de a sont appelés *les composants principaux de a*. Avec ces définitions nous avons les théorèmes suivants [les démonstrations paraîtront dans un autre recueil] :

1° les idéaux primaires sont les idéaux possédant un seul idéal premier comme *h*-idéal premier et *n*-idéal premier.

2° le composant primaire isolé a_p défini par un *h*-idéal premier p de a est l'idéal primaire $q > a$ minimal par rapport à la propriété de posséder p comme radical.

3° l'intersection des composants principaux d'un idéal a et égal à a.

4° l'intersection des composants primaires isolés d'un idéal a est un idéal $\bar{a} > a$, qui est appelé le *noyau* de a; a est égal à $\bar{a}$, son noyau, quand les *h*-idéaux premiers de a sont éléments maximaux dans L^* et que Δ possède un élément unité; en particulier, chaque idéal est égal à son noyau quand les

(¹) *Voir* les Notes de l'auteur sur les $(\Sigma^*, .)$-algèbres dans les *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1447 et 1559.

h-idéaux premiers de O sont éléments maximaux dans L^* et que Δ possède un élément unité.

On retrouve la théorie des idéaux d'un treillis distributif et celle d'un anneau commutatif comme cas particuliers de cette théorie.

ALGÈBRE. — *Diverses caractérisations des treillis semi-modulaires, modulaires et distributifs.* Note (*) de M. **Robert Croisot**, présentée par M. Gaston Julia.

Dans une Note précédente (1) j'ai énoncé un certain nombre de conditions équivalentes à la semi-modularité dans les treillis de longueur finie et j'ai indiqué comment elles sont liées dans les treillis de longueur infinie. J'ajoute ici d'autres propriétés du même type dont quelques-unes ont déjà été appliquées par divers Auteurs et je les compare entre elles et aux conditions mentionnées ci-dessus dans les treillis quelconques et les treillis satisfaisant une condition de chaîne. J'adapte ensuite certaines de ces conditions à la caractérisation de la modularité et de la distributivité.

1. Je dis qu'un treillis possède la propriété (5) si, pour tout système d'éléments x, y, z satisfaisant $y \cap z < x < z < y \cup x$, il existe au moins un élément t vérifiant $y \cap z < t \leqq y$ et $(x \cup t) \cap z = x$.

La propriété (6) s'énonce d'une manière voisine : $y \cap z < x < z < y \cup x$ entraîne l'existence de t tel que $y \cap z < t \leqq y$ et $(x \cup t) \cap z < z$ (2).

La condition (3) est satisfaite dans un treillis si l'égalité

$$[(x \cup t) \cap z] \cup y = [(z \cup y) \cap x] \cup t$$

a lieu dès que x couvre y et que z couvre t (3).

D'autre part, (X) représentant une certaine propriété, je dis qu'un treillis T vérifie la propriété (X_i) ou la propriété (X^i) si le treillis T_i de ses idéaux ou le treillis T^i de ses idéaux duaux vérifie la propriété (X). Lorsque T est de longueur finie, T_i et T^i lui sont isomorphes; donc, si une condition (X) caractérise la semi-modularité dans les treillis de longueur finie, il en est de même de (X_i) et de (X^i). Dans cet ordre d'idées, je considère les conditions (1_i), (2_i), (α_i) et (1^i), (2^i), (α^i) déduites des conditions (1), (2), (α) de N (4).

(*) Séance du 6 décembre 1950.

(1) Référée N dans ce qui suit. Voir *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 12.

(2) Les propriétés (5) et (6) sont respectivement équivalentes aux conditions (E5) et (E6) de S. Mac Lane (*Duke Math. Journal*, **4**, 1938, p. 455-468).

(3) De cette condition, on déduit d'une manière naturelle une condition suffisante assez générale d'égalité des longueurs de deux chaînes finies de mêmes extrémités dans un treillis *quelconque*. Voir *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 767.

(4) La condition (2^i) a été utilisée et comparée à la condition (5) et à une condition intermédiaire non considérée ici par R. P. Dilworth (*Trans. Am. Math. Soc.*, **49**, 1941, p. 325-353).

2. Les théorèmes suivants complètent les résultats des paragraphes 2, 3, 4 de N.

THÉORÈME 1. — *Dans un treillis quelconque, on a :*

$$(\mathrm{I})\Rightarrow(\mathrm{L});\quad (\mathrm{I})\Rightarrow(\mathrm{J});\quad (\mathrm{F})\Rightarrow(\mathrm{J})\Rightarrow(1);\quad (\mathrm{B})\Rightarrow(6)\Rightarrow(2)\Rightarrow(3);$$
$$(\alpha^i)\Rightarrow(2^i)\Rightarrow(1^i)\Rightarrow(1);\quad (2^i)\Rightarrow(5)\Rightarrow(6);\quad (\alpha^i)\Rightarrow(\alpha);$$
$$(\alpha_i)\Rightarrow(2_i)\Rightarrow(1_i)\Rightarrow(1);\quad (\alpha_i)\Rightarrow(\alpha);\quad (2_i)\Rightarrow(2)\ \ (^5).$$

THÉORÈME 2. — *Dans un treillis satisfaisant la condition de chaîne ascendante, on a, outre les implications du théorème* 1 :

$$(\mathrm{L})\Rightarrow(\mathrm{I});\quad (6)\Rightarrow(\alpha)\Rightarrow(\alpha_i);\quad (3)\Rightarrow(2)\Rightarrow(2_i);\quad (1)\Rightarrow(1_i)\ \ (^6).$$

THÉORÈME 3. — *Dans un treillis satisfaisant la condition de chaîne descendante, on a, outre les implications du théorème* 1 : $(\mathrm{J})\Rightarrow(2)$; $(1_i)\Rightarrow(2)\Rightarrow(2^i)$; $(2_i)\Rightarrow(\alpha)\Rightarrow(\alpha^i)$; $(1)\Rightarrow(1^i)$; $(3)\Rightarrow(2)$ [7].

3. Puisqu'un treillis T est modulaire si et seulement si le treillis T_i de ses idéaux est modulaire, si et seulement si le treillis T^i de ses idéaux duaux est modulaire, on déduit du théorème 3 d'une Note précédente [8] le :

THÉORÈME 4. — *Dans un treillis satisfaisant une condition de chaîne ascendante ou descendante, la condition* (α_i) *et sa duale ou la condition* (α^i) *et sa duale équivalent à la modularité.*

La propriété (3), convenablement modifiée, conduit à une caractérisation des treillis modulaires quelconques.

THÉORÈME 5. — *Un treillis est modulaire si et seulement si la propriété*

$$(\bar{3})\qquad x\geqq y,\quad z\geqq t\Rightarrow[(x\cup t)\cap z]\cup y=[(z\cup y)\cap x]\cup t$$

(ou sa duale) y est vérifiée.

---

(5) Il n'y a pas d'implications binaires autres que celles-là, celles du paragraphe 2 de N, et leurs conséquences logiques. Les démonstrations et les contre-exemples paraîtront prochainement dans un autre recueil. Dans la note (2) de N, il faut lire $(\mathrm{I})\Rightarrow(\mathrm{J})\Rightarrow(1)$ et non pas $(\mathrm{I})\Rightarrow\mathrm{J}\Rightarrow(2)$.

(6) Outre l'implication signalée dans la note (1) de N, il est possible qu'on ait $(2^i)\Rightarrow(\alpha^i)$.

(7) *Voir* note (5) de N. De plus, je n'ai pu obtenir de contre-exemple montrant que l'on n'a pas : $(1_i)\Rightarrow(\alpha_i)$, $(1_i)\Rightarrow(\mathrm{R})$. Les théorèmes 1, 2, 3 résolvent en particulier le problème 47 de G. Birkhoff (*Lattice Theory*, p. 107).

(8) Référée N′ dans ce qui suit. Voir *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 95. Dans cette Note, il est montré [note (4)] qu'un treillis modulaire satisfait (F) et (R). Il vérifie aussi (α_i) et (α^i) puisqu'il vérifie (α). Il en résulte qu'il satisfait toutes les conditions envisagées ici et dans N sauf la condition (1). Effectivement, on peut construire un treillis modulaire vérifiant même la condition de chaîne descendante et ne satisfaisant pas (I). Un treillis satisfaisant (I), sa duale et une condition de chaîne est modulaire puisque (I) entraîne (L). Des contre-exemples montrent que l'une des conditions (5), (6), (3), (2_i), (1_i), (2^i), (1^i) accompagnée de sa duale n'implique pas la modularité dans un treillis satisfaisant une condition de chaîne.

4. Introduisons par analogie aux propriétés c et g de N et N′, la propriété suivante q d'un couple (x, y) d'éléments d'un treillis : pour toute chaîne maximale sans répétition $\{z_i\}$ entre $x \cap y$ et $x \cup y$, la chaîne $\{(z_i \cup x, z_i \cup y)\}$ est maximale sans répétition dans le produit cardinal $[x, x \cup y] \times [y, x \cup y]$. Disons, conformément à la convention générale de N et N′ qu'un treillis satisfait la condition (Q) si tout couple de ses éléments possède la propriété q. Alors, on a le :

THÉORÈME 6. — *Un treillis est distributif si et seulement si la condition* (Q) (*ou sa duale*) *y est satisfaite.*

ALGÈBRE. — *Corps demi-valués.* Note (*) de M. **PAUL JAFFARD**, présentée par M. Henri Villat.

Existence d'un corps demi-valué par un groupe réticulé donné. Étude de la continuité de $1/x$ dans un tel corps. Demi-valuation d'une extension transcendante simple.

Il ne sera ici question que de corps commutatifs.

Étant donné un corps K, nous rappelons qu'on appelle *ordre de* K tout sous-anneau A de K tel que A contienne l'élément unité de K et que K soit corps des quotients de A. Si I est l'ensemble des éléments inversibles de A, le groupe ordonné $\Gamma = K^*/I$ est dit *groupe de divisibilité* de K (par rapport à A) et l'application canonique w de K^* sur Γ est dite *semi-valuation* de K (1). Γ étant noté additivement, on a

$$w(xy) = w(x) + w(y), \qquad w(x),\ w(y) \geqq w(z) \rightarrow w(x+y) \geqq w(z).$$

Réciproquement la donnée d'une application w de K^* sur un groupe ordonné filtrant Γ vérifiant les conditions précédentes permet de considérer Γ comme groupe de divisibilité de K par rapport à l'ordre $\{0\} \cup w^{-1}(\Gamma_+)$, Γ_+ étant l'ensemble des éléments positifs ou nuls de Γ. w est alors la demi-valuation correspondante. On sait (1) qu'une demi-valuation de K permet de définir une topologie sur K, le filtre des voisinages de o ayant pour base l'ensemble $(U_\gamma)_{\gamma \in \Gamma}$ avec

$$x \in U_\gamma \rightleftharpoons \{x = 0 \text{ ou } w(x) \geqq \gamma\}.$$

Cette topologie est compatible avec la structure d'anneau de K, mais non en général avec sa structure de corps.

Lorsque K est un groupe réticulé, K sera dit *demi-valué* par Γ et l'ordre A correspondant sera dit *anneau de demi-valuation*.

Γ étant un groupe (abélien) réticulé quelconque, K_0 un corps quelconque,

(*) Séance du 6 décembre 1950.

(1) ZELINSKY, *Bull. Amer. Math. Soc.*, 54, 1948, p. 1145.

A l'algèbre du groupe relativement à K_0, K le corps des quotients de A, on peut définir une demi-valuation W de K par Γ en posant pour tout élément de A de la forme

$$X = a_1 x^{\alpha_1} + \ldots + a_n x^{\alpha_n} \qquad (a_i \in K_0,\ \alpha_i \in \Gamma,\ 1 \leqq i \leqq n,\ \alpha_i \neq \alpha_j \text{ si } i \neq j),$$
$$w(X) = \inf(\alpha_1, \ldots, \alpha_n).$$

Ceci étend le résultat donné par Krull ([2]) dans le cas où Γ est totalement ordonné et permet d'énoncer :

THÉORÈME 1. — *A tout groupe abélien réticulé* Γ *correspond un corps* K *demi-valué par* Γ.

Étant donné un corps K et un ordre A de K, je dirai que l'élément $k \in K$ admet une forme canonique a/b par rapport à A, a et b étant des éléments de A, si $k = a/b$ et si $a'/b' = a/b$ ($a', b' \in A$) entraîne l'existence d'un élément c de A tel que $a' = ac$ et $b' = bc$.

THÉORÈME 2. — *Pour que l'ordre* A *soit anneau de demi-valuation, il faut et il suffit que tout élément de* K *admette une forme canonique par rapport à* A.

Soit un corps K et w une demi-valuation de K par un groupe réticulé Γ. La fonction $1/x$ sera continue dans K si Γ admet un filet maximal ([3]). En effet si $\bar{\mu}$ est ce filet maximal et si $w(a/b) > \mu$, on peut voir que $w(a+b) = w(b)$: Posons $a + b = c$. Comme $w(a) > w(b)$, on a $w(b) = \inf[w(c), w(a)]$ ou $\inf[w(c) - w(b), w(a) - w(b)] = 0$. Donc les filets $\overline{w(c) - w(b)}$ et $\overline{w(a) - w(b)}$ sont étrangers. Comme $\overline{w(a) - w(b)} = \bar{\mu}$ est un filet maximal, il en résulte que $\overline{w(c) - w(b)} = \bar{0}$ ou $w(a+b) = w(b)$. A partir de là on démontre la continuité de $1/x$ comme dans le cas d'un corps valué.

Il serait intéressant de savoir si, w représentant une demi-valuation de K par Γ, la fonction $1/x$ peut être continue dans K sans que Γ admette un filet maximal. Il n'en est jamais ainsi dans le cas où K est le corps des quotients d'une algèbre de groupe de Γ demi-valué comme il a été dit précédemment. On peut donc énoncer le

THÉORÈME 3. — *Pour qu'un groupe réticulé* Γ *soit tel que tout corps demi-valué par* Γ *soit un corps topologique, il faut et il suffit que* Γ *admette un filet maximal.*

Soit k un corps algébriquement clos, $K = k(x)$ une extension transcendante simple de k. On peut déterminer toute demi-valuation w de K qui s'annule sur k au moyen du :

THÉORÈME 4. — *Si w est une demi-valuation de* K *qui s'annule sur k et telle que le groupe de divisibilité correspondant ne se réduise pas à l'élément neutre, il existe un générateur y de* K *sur k tel que $w(y)$ soit strictement positif.*

On peut alors déterminer un sous-ensemble $(a_\iota)_{\iota \in I}$ de k tel que le groupe de

---

([2]) *J. reine angew. Math.*, 164, 1931, p. 160.

([3]) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1024.

divisibilité puisse être identifié à $Z^{(I)}$ (groupe ordonné des applications des parties finies de I dans le groupe additif des entiers ordinaires). Si P est un polynome de $k[y]$, la composante d'indice ι de $w(P)$ est l'exposant de la plus grande puissance de $(y - a_\iota)$ qui divise P.

THÉORIE DES GROUPES. — *Sur les groupes semi-ordonnés.* Note de M. **Tadasi Michiura**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Soit G un groupe semi-ordonné, c'est-à-dire possédant les propriétés suivantes :

1° G est un ensemble semi-ordonné par rapport à la relation $\geqq$ (1);

2° si $x \geqq y$, on a $x + Z \geqq y + Z$, $Z + x \geqq Z + y$ pour tout $Z \in G$.

On dit que deux groupes semi-ordonnés G et G' sont isomorphes, s'il existe entre leurs éléments une correspondance biunivoque conservant les relations d'ordre entre les éléments correspondants. Un groupe semi-ordonné G est dit quasi isomorphe à un groupe semi-ordonné G', s'il existe une application τ de G sur G' tel que τ est un groupe isomorphe et possédant la propriété que $x \geqq 0$ entraîne $\tau(x) \geqq 0$.

Dans un groupe semi-ordonné G, un élément positif x, c'est-à-dire $x \geqq 0$, est dit archimédien, s'il existe au moins un nombre naturel n tel que $nx \geqq y$ pour tout $y \in G$. Nous dirons que G est archimédien, si chaque élément positif de G est archimédien.

Dans ce groupe semi-ordonné G, le théorème de MM. Tarski et Birkhoff (2) implique immédiatement que ces trois propositions :

1° tout élément de G est d'ordre infini;

2° si $nx \geqq 0$ pour quel que n naturel, on a $x \geqq 0$;

3° G admet une extension totalement ordonnée de semi-ordonné original, sont équivalentes.

Un sous-groupe H de G est dit convexe, si 1° $0 \neq H \neq G$; 2° $x_1 \geqq y \geqq x_2$ et x_1, $x_2 \in G$, entraîne $y \in G$. D'après le principe de M. Zorn, si G contient des éléments archimédiens, il existe un sous-groupe convexe maximal contenant un sous-groupe convexe donné dans G (3).

Soit M un sous-groupe convexe maximal d'un groupe semi-ordonné, abélien G. Considérons maintenant le groupe-facteur G/M. Nous dirons qu'un élément F de G/M est positif, si F contient un élément positif de G. Par conséquent G/M est le groupe semi-ordonné, abélien qui n'a pas de sous-groupe convexe (4). Alors on a le

---

(1) *Voir* G. Birkhoff, *Lattice Theory*, 1948.

(2) *Voir* B. H. Neumann, *Amer. Journ. Math.*, 71, 1949.

(3) *Voir* Ky Fan, *Ann. Math.*, 51, 1950.

(4) *Voir* Ky Fan, *loc. cit.*

THÉORÈME 1. — *Soient* G *un groupe semi-ordonné, abélien, et non archimédien contenant des éléments archimédiens et* M *un sous-groupe convexe maximal,* G/M *est alors quasi isomorphe à un sous-groupe de groupe additif réel* (c'est-à-dire : groupe additif ordonné de tous les nombres réels).

COROLLAIRE. — *Si* G *est totalement ordonné,* G/M *est totalement ordonné par rapport à l'ordre original sur* G/M, *et* G/M *est isomorphe à un sous-groupe du groupe additif réel.*

Désignons par Ω l'ensemble de tous les sous-groupes convexes maximaux de G. On peut considérer Ω comme l'espace topologique de M. Hausdorff, à la manière de MM. Gelfand et Silov. Des théorèmes connus nous donnent les propositions suivantes :

THÉORÈME 2. — G *est holomorphe à un sous-groupe du groupe semi-ordonné* $C(\Omega)$ *sur un espace suitable de M. Hausdorff* Ω, *où* $C(\Omega)$ *désigne l'ensemble de toutes les fonctions continues sur l'espace de M. Hausdorff* Ω.

THÉORÈME 3. — *Pour qu'un groupe non archimédien et totalement ordonné* G *contenant des éléments archimédiens soit isomorphe à un sous-groupe d'un groupe semi-ordonné* $C(\Omega)$, *il faut et il suffit que l'intersection de tous les sous-groupes convexes maximaux de* G *soit construit seulement par le zéro élément de* G.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'isovalence et la régularité des transformateurs.* Note de M. **CLAUDE BERGE**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. DÉFINITIONS. — On dira que l'on a un *transformateur* A *pour une famille additive d'ensembles* D_A si, à tout ensemble e de D_A, on peut faire correspondre un ensemble Ae suivant une règle telle que :

1° $AO = O$, où O est l'ensemble vide;

2° $A(e_1 \dot{+} e_2) = Ae_1 \dot{+} Ae_2$, quels que soient e_1 et e_2 dans D_A.

La famille Δ_A des ensembles de la forme Ae est alors aussi additive. A sera un *transformateur régulier* si $Ae_1 = Ae_2$ (où $e_1, e_2 \in D_A$) entraîne $e_1 = e_2$. Remarquons que $e_1 \subset e_2$ entraîne $Ae_1 \subset Ae_2$, car

$$Ae_2 = A(e_2 - e_1 + e_1) = A(e_2 - e_1) \dot{+} Ae_1.$$

On aura donc $A(e_1 . e_2) \subset Ae_1 . Ae_2$. Si l'on a l'égalité quels que soient e_1 et e_2 dans D_A, A sera un *transformateur isovalent.*

2. THÉORÈME DE L'IDENTITÉ DES TRANSFORMATEURS ISOVALENTS ET DES OPÉRATEURS ISOVALENTS [1]. — *Si* A *est un transformateur isovalent, il existe un et un seul opérateur* A *tel que*

$$AE[f(x) = a] = E[Af(x) = a], \tag{1}$$

[1] On appelle ici opérateur isovalent un opérateur A linéaire et tel que, quel que soit $f(x)$, celle-ci ait le même ensemble de valeurs que $Af(x)$.

et il est isovalent; inversement, A *étant un opérateur isovalent, il existe une et une seule relation* A *d'ensembles telle que* (1), *et c'est un transformateur isovalent* [2].

En effet, étant donné le transformateur isovalent A, on peut faire correspondre à toute fonction $f(x)$ une fonction $Af(x)$ égale à a sur l'ensemble $AE[f(x)=a]$, sans incompatibilités, car si $a \neq b$,

$$AE[f=a].AE[f=b]=A\{E[f=a].E[f=b]\}=AO=O.$$

De plus, on a

$$\begin{aligned} AE[f_1=\lambda, f_2=a-\lambda] &= AE[f_1=\lambda].AE[f_2=a-\lambda] \\ &= E[Af_1=\lambda].E[Af_2=a-\lambda]=E[Af_1=\lambda, Af_2=a-\lambda]. \end{aligned}$$

Sommons par rapport à λ :

$$AE[f_1+f_2=a]=E[Af_1+Af_2=a] \quad \text{ou} \quad A(f_1+f_2)=Af_1+Af_2.$$

Comme on vérifie de même que $A(\alpha f)=\alpha Af$, l'opérateur A est linéaire. Il est aussi isovalent, car si $f(x)$ ne prend pas la valeur a, on a

$$E[Af=\alpha]=AE[f=\alpha]=AO=O.$$

Néanmoins, pour éviter l'axiome de choix, on supposera par la suite que $f(x)$ est une fonction *à paliers* [3].

Inversement, considérons un opérateur A isovalent et défini sur les fonctions à paliers; dans ces conditions, (1) équivaut à

$$A\varphi_e(x)=\varphi_{Ae}(x). \tag{2}$$

La relation A définie par (2) est unique; de plus, si $e_1.e_2=0$, on en déduit

$$A(e_1+e_2)=Ae_1+Ae_2.$$

Cette égalité s'étend au cas $e_1.e_2 \neq 0$, car

$$Ae_2=A(e_2.e_1+e_2.Ce_1)=A(e_2.e_1)\dotplus A(e_2.Ce_1)\supset A(e_2.Ce_1).$$

D'où

$$Ae_1\dotplus Ae_2\supset Ae_1+A(e_2.Ce_1)=A(e_1+e_2.Ce_1)=A(e_1\dotplus e_2).$$

On verra de même que $Ae_1\dotplus Ae_2\subset A(e_1\dotplus e_2)$. Comme $AO=O$, A est donc un transformateur, et même un transformateur isovalent, en comparant

$$A\varphi_{e_1\dotplus e_2}=A[\varphi_{e_1}+\varphi_{e_2}-\varphi_{e_1e_2}]=A\varphi_{e_1}+A\varphi_{e_2}-A_{e_1.e_2}=\varphi_{Ae_1}+\varphi_{Ae_2}-\varphi_{Ae_1e_2}$$

et

$$A\varphi_{(e_1\dotplus e_2)}=\varphi_{A(e_1\dotplus e_2)}=\varphi_{Ae_1}+\varphi_{Ae_2}-\varphi_{Ae_1.Ae_2}.$$

---

(2) En supposant que les ensembles e de D_A sont les sous-ensembles de Ω, les fonctions $f(x)$ du domaine d'existence de A seront les fonctions définies dans Ω. Si e doit être borélien ou mesurable, il faudra supposer en outre $f(x)$ borélienne ou mesurable.

(3) Les fonctions à paliers sont les fonctions dont l'ensemble des valeurs est fini.

Ce théorème nous permet de donner une représentation opérationnelle des transformateurs isovalents.

3. La *somme* $S = A + B$ de deux transformateurs A et B sera définie par $Se = Ae \dotplus Be$; c'est un transformateur pour la famille additive $D_A . D_B$.

Le *produit* $P \doteq AB$ de B par A sera défini par $Pe = A(Be)$; P sera un transformateur pour les ensembles e tels que $e \in D_B$, $Be \subset D_A$, et qui constituent bien une famille additive. Enfin, le *transformateur unité* sera l'identité, qui est un transformateur pour toute famille additive d'ensemble. On a alors, comme pour les opérateurs,

$$(A + B)C = AC + BC, \qquad C(A + B) = CA + CB, \qquad (AB)C = A(BC) = ABC,$$
$$A \times 1 = 1 \times A = A, \qquad A^{m+n} = A^m \times A^n.$$

4. Théorème. — *Un transformateur* A *isovalent et tel que* $Ae = O$ *entraîne* $e = 0$ *est un transformateur régulier.*

En effet, supposons $Ae_1 = Ae_2$; on peut toujours supposer que $e_1 \supset e_2$, quitte à remplacer e_1 par $e_1 \dotplus e_2$. Si l'on pose $e_3 = e_1 - e_2$, on a $Ae_1 = Ae_2 \dotplus Ae_3$, avec $Ae_2 . Ae_3 = A(e_2 . e_3) = O$. Donc $Ae_3 = Ae_1 - Ae_2 = O$ et par conséquent, $e_1 = e_2$.

Donnons encore un autre théorème pour permettre la comparaison de l'isovalence et de la régularité.

Lemme. — *Si* A *est régulier,* $Ae_1 \supset Ae_2$ *équivaut à* $e_1 \supset e_2$.

On a vu en effet, que $e_1 \supset e_2$ entraîne $Ae_1 \supset Ae_2$; inversement, si $Ae_1 \supset Ae_2$, on a $Ae_1 = Ae_1 \dotplus Ae_2 = A(e_1 \dotplus e_2)$. D'où $e_1 = e_1 \dotplus e_2$ ou $e_1 \supset e_2$.

Théorème. — *Un transformateur* A *régulier et tel que* Δ_A *soit une famille multiplicative est isovalent.*

En effet, dans ce cas, $Ae_1 . Ae_2 = A\varepsilon$; on a donc $A\varepsilon \subset Ae_1$, et, d'après le lemme, $\varepsilon \subset e_1$ ou $\varepsilon \subset e_1 . e_2$, c'est-à-dire $Ae_1 Ae_2 \subset A(e_1 e_2)$, d'où l'égalité. Ces différents résultats permettent de construire les éléments d'une théorie ensembliste des *jeux alternatifs*.

THÉORIE DE LA MESURE. — *Compléments à la théorie de la dérivation de fonctions d'ensemble suivant de Possel et A. P. Morse* (1). Note (*) de M. **Christian Pauc**, présentée par M. Gaston Julia.

Cadre de l'étude. — μ désigne une mesure numérique finie ou dénombrablement infinie définie sur une σ-algèbre booléenne $\mathfrak{M}$ de sous-ensembles d'un

(*) Séance du 6 novembre 1950.

(1) Cette Note fait suite à O. Haupt et C. Pauc, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 711-712 et Pauc, *idem*, p. 810-811. Après *espace topologique,* dans la 2e proposition p. 711, il faut ajouter *où tout* F *est un* G_δ. A signaler : H. Nakano, *Proc. Phys.-Math. Soc. Japan*, 25, 1943, p. 279-334. Dans le théorème I de la même note lire $\mathfrak{Q}$ au lieu de q. Dans la première ligne du paragraphe *Familles dérivantes topologiques* lire III au lieu de IV.

ensemble **R** et complète. **R** est l'unité de $\mathcal{M}$. Le σ-idéal des ensembles de mesure nulle est représenté par $\mathcal{N}$. Nous supposons que **R** porte une base de dérivation $\mathfrak{B}$ selon de Possel ([2]), c'est-à-dire qu'à tout point x de **R**, sauf sur un ensemble E de mesure nulle soient attachées des suites au sens de Moore-Smith d'ensembles de $\mathcal{M}$ de mesure positive finie envisagées comme *contractant sur* x, toute sous-suite confinale d'une suite contractant sur x jouissant de la même propriété. Le point x est dit *totalement intérieur* à l'ensemble X si pour toute suite M_ι contractant sur x, il existe un indice ι' tel que $(\iota > \iota') \rightarrow (M_\iota \subseteqq X)$, *partiellement intérieur* à X s'il existe une suite de sous-ensembles de X contractant sur x.

Hypothèses fondamentales. — (V) : $\mathfrak{B}$ est une base de dérivation selon de Possel; (U) : Quel que soit I dans $\mathfrak{B}$ presque tout point de I est totalement intérieur à I ([3]); (U') : Quel que soit I dans $\mathfrak{B}$ presque tout point de **R** — I est partiellement intérieur à **R** — I.

Nous convenons d'appeler *intervalles* les ensembles de $\mathfrak{B}$.

Définitions fondamentales. — Nous appelons *partition de Vitali sur un ensemble* X toute suite $I(q)$ d'intervalles disjoints couvrant X (mod $\mathcal{N}$). De (V) et (U) il résulte que les partitions de Vitali sur X forment une suite de Moore-Smith $\mathfrak{S}(X)$ vis-à-vis de la relation d'ordre déduite de l'inclusion des constituants. Pour un intervalle I nous appelons *partition de Vitali de* I une partition de Vitali sur I dont les constituants sont inclus dans I. La finesse d'une partition de Vitali d'un intervalle peut être exprimée uniformément par les partitions de Vitali de **R**. Dans ce qui suit φ désigne une fonction numérique finie définie sur $\mathfrak{B}$ et telle que sur tout I, pour toute partition de Vitali $\mathfrak{P} : I = \bigcup I(q)$ suffisamment fine la somme $\Sigma\varphi[I(q)]$ ait un sens, sa valeur $\sigma(\mathfrak{P})$ étant finie ou infinie. Pour un ensemble X inclus dans un intervalle (*ensemble borné*) nous entendons par *intégrale* (V) *supérieure* $\beta_s(\varphi; X)$ [*inférieure* $\beta_i(\varphi; X)$] la limite supérieure (inférieure) de $\sigma(\mathfrak{P})$ relativement à la suite $\mathfrak{S}(X)$. Dans le cas d'égalité la valeur commune $\beta(\varphi; X)$ est dite *intégrale* (V) *de* φ *sur* (X). L'intégrale supérieure de $|\varphi|$ sur I est appelée *variation totale de* φ *sur* I et représentée par $\psi(\varphi; I)$; φ est dite de variation bornée si $\psi(\varphi; I)$ est bornée sur tout I. La fonction φ est dite *sur-additive* (*sous-additive*) si pour tout I et toute partition de Vitali $\mathfrak{P}$ de I suffisamment fine $\sigma(\mathfrak{P})$ est $\leqq (\geqq) \varphi(I)$.

Propositions. — Toute fonction semi-additive est intégrable sur les intervalles; elle est sommable, c'est-à-dire intégrable et à intégrale finie sur les intervalles, si elle est à variation bornée.

([2]) *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, IXe s., 15, 1936, p. 397.

([3]) A. P. Morse, *Trans. Am. Math. Soc.*, 55, 1944, p. 223; Haupt-Pauc, *Arch. der Math.*, 1, 1948, p. 25.

([4]) Haupt-Aumann-Pauc, *Differential und Integralrechnung*, Berlin, 3, 2e édition (*en préparation*), chap. X, § 2.

THÉORÈME. — *Toute fonction φ sommable et de variation bornée est dérivable presque partout sur* R. *Le dérivé* $D\varphi$ *est sommable suivant Lebesque sur tout ensemble* M *mesurable et borné, l'intégrale étant égale à l'intégrale* (V) *de* φ *sur* M.

Esquisse de la démonstration. — La fonction d'intervalle $\eta = \varphi - \beta(\varphi)$ est sommable (V) sur les I et $\beta(\eta) \equiv 0$; les dérivés supérieur et inférieur de φ et $\beta^* = \beta(\varphi)$ sont donc égaux presque partout ([4]). β^* étant additive et de variation bornée est $= \beta' - \beta''$, β' et β'' représentant deux fonctions additives non négatives finies. Les lemmes de A. P. Morse sont applicables à $\overline{\beta'}$ et $\overline{\beta''}$. Pour tout ensemble borné $\overline{\beta'}(X) =$ intégrale (V) de β' sur X, $\overline{\beta''}(X) =$ intégrale (V) de β'' sur X. Ces fonctions d'ensemble sont des mesures extérieures au sens de Carathèodory sans topologie vis-à-vis desquelles les I sont mesurables; il en résulte que ce sont des mesures extérieures correspondant à des fonctions non négatives d'ensemble de base μ ([5]). Compte tenu de l'égalité des intégrales (V) de φ et β^*, les lemmes I et II de de Possel ([6]) fournissent l'information énoncée dans le théorème.

Complément. — Si φ est la restriction aux intervalles d'une fonction additive d'ensemble α, un exemple de de Possel ([7]) montre que l'intégrale du dérivé n'est pas nécessairement la partie régulière de α.

TOPOLOGIE. — *Homologie singulière des espaces fibrés.* I. *La suite spectrale.* Note de M. **JEAN-PIERRE SERRE**, présentée par M. Jacques Hadamard.

L'objet de cette Note est de présenter une théorie homologique des espaces fibrés qui soit valable pour l'homologie *singulière;* cette théorie suit de très près celle développée par J. Leray ([1]) pour la cohomologie de Čech à supports compacts.

1. ESPACES FIBRÉS; PROPRIÉTÉS HOMOTOPIQUES. — *Définition.* — Un espace fibré est un triple (E, p, B) où p est une application continue de l'espace E sur l'espace B *qui vérifie le théorème de relèvement des homotopies pour les polyèdres.*

Tout espace localement trivial (*fibre-bundle* dans la terminologie américaine), tout *fibre-space* d'Hurewicz-Steenrod est fibré au sens précédent.

Si (E, p, B) est un espace fibré, nous appellerons *fibres* les ensembles $p^{-1}(y)$, $y \in B$; elles ne sont pas homéomorphes en général, mais leurs groupes d'homologie singulière, d'homotopie, etc., forment des *systèmes locaux* sur B. En particulier, si B est connexe par arcs, ces groupes sont isomorphes les uns aux

(5) A. P. MORSE, *loc. cit.*, p. 220. Chez A. P. Morse la base de dérivation est une base métrique. La fonction $\overline{\gamma}$ définie page 218 est une mesure extérieure régulière au sens de Carathéodory pour l'espace **A**. Dans le cadre de notre étude, la *régularisée* $\overline{\varphi}$ coïncide avec l'intégrale de Vitali sur les ensembles X lorsque φ est non-négative et sur-additive.

(6) *Loc. cit.* en (1), p. 394, 395 et 396.

(7) Reproduit dans HAUPT-PAUC, *loc. cit.* en (3), p. 26.

(1) *Comptes rendus*, **222**, 1946, p. 1419-1422; *Journal de Math.*, **29**, 1950, p. 169-213.

autres (non canoniquement en général), et l'on peut les désigner par $H_i(F)$, $\pi_i(F)$, etc.

Enfin, on établit sans peine l'existence de la suite exacte :

$$\ldots \to \pi_i(F) \xrightarrow{i} \pi_i(E) \xrightarrow{p} \pi_i(B) \xrightarrow{\partial} \pi_{i-1}(F) \to \ldots$$

2. Espaces fibrés; propriétés homologiques. — On trouve chez J. Leray ([2]) et J.-L. Koszul ([3]) des définitions et constructions adaptées à la cohomologie qu'il n'est pas difficile de transcrire en homologie; on peut alors parler de *suite spectrale d'homologie*. Ceci étant, on démontre ([4]) :

Théorème. — *Soit* (E, p, B) *un espace fibré et supposons que* B *et* F (*donc* E) *soient connexes par arcs* ([5]). *Il existe une suite spectrale d'homologie* (E_r), *où* $E_2 = H[B, H(F)]$ ([6]) *et où* E_∞ *est le groupe gradué associé à* $H(E)$ *convenablement filtré.*

Précisons que $H[B, H(F)]$ est le groupe d'homologie singulière de B à coefficients dans le système local formé par le groupe d'homologie de F (ce dernier étant lui-même à coefficients dans le groupe abélien G). Ce groupe est bigradué par les $H_p[B, H_q(F)]$, notés $E_2^{p,q}$; p sera dit le *degré-base*, q le *degré-fibre*. Les groupes E_r sont aussi bigradués par les $E_r^{p,q}$ et sont munis de différentielles d_r telles que $H(E_r) = E_{r+1}$; ces dernières jouissent des propriétés de degré suivantes : *d_r augmente le degré-fibre de $r-1$ et diminue le degré-base de r.*

Ces différentielles définissent en particulier un sous-groupe $E_{n+1}^{n,0}$ de $H_n(B)$ (formé des éléments qui sont des d_r-cycles pour tout r), et un quotient de $H_n(F)$, $E_{n+2}^{0,n}$; on montre que ce sont respectivement les images de $H_n(E)$ dans $H_n(B)$ par p, et de $H_n(F)$ dans $H_n(E)$ par l'injection. De même, l'image de $H_n(E, F)$ dans $H_n(B)$ par p est $E_n^{n,0}$; on a le diagramme commutatif (I).

En outre, si $H_n(E) = H_{n-1}(E) = 0$, l'homomorphisme bord $H_n(E, F) \xrightarrow{\partial} H_{n-1}(F)$ est un isomorphisme sur, et, en désignant par S l'homomorphisme $p_0\, \partial^{-1}$, on a le diagramme commutatif (II); S sera appelé *suspension*.

(I)
$$\begin{array}{ccccc} & & E_n^{n,0} & \xrightarrow{d_n} & E_n^{0,n-1} \\ \swarrow & & \uparrow & & \uparrow \\ H_n(B) & \xleftarrow{p} & H_n(E, F) & \xrightarrow{\partial} & H_{n-1}(F) \\ \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\ \pi_n(B)\otimes G & \xleftarrow{p} & \pi_n(E, F)\otimes G & \xrightarrow{\partial} & \pi_{n-1}(F)\otimes G \end{array}$$

(II)
$$\begin{array}{ccc} E_n^{n,0} & \xrightarrow{n} & E_n^{0,n-1} \\ \downarrow & \nwarrow{\scriptstyle S} & \uparrow \\ H_n(B) & \leftarrow & H_{n-1}(F) \end{array}$$

([2]) *Journal de Math.*, **29**, 1950, p. 1-139, n° **9**.

([3]) *Comptes rendus*, **225**, 1947, p. 217-219.

([4]) H. Cartan et J.-L. Koszul m'ont apporté une aide essentielle dans cette démonstration, m'indiquant notamment quelle filtration il fallait employer.

([5]) Ces hypothèses facilitent la démonstration, mais ne sont probablement pas essentielles.

([6]) Il s'agit des groupes d'homologie à coefficients dans un groupe abélien G qui sera constamment sous-entendu dans ce numéro.

Remarque. — On a également une suite spectrale en *cohomologie singulière*, dont le terme E_2 est la cohomologie de B à valeurs dans celle de F. On peut munir les termes E_r d'une structure d'anneau ([7]) (correspondant au cup-product), pour laquelle les d_r sont des *antidérivations*; les propriétés de degré de ces dernières sont opposées à celles des d_r de l'homologie.

3. Premières applications. — Toutes les applications données par J. Leray ([1]) se transposent sans difficulté, moyennant des hypothèses légèrement différentes. En particulier :

a. Supposons que le système local des H (F) soit simple sur B, et soit k un corps. Alors, *si* $H_i(B, k) = 0$ *pour* $i > p$ *et* $H_i(F, k) = 0$ *pour* $i > q$, *on a* $H_i(E, k) = 0$ *pour* $i > p + q$, *et* $H_{p+q}(E, k) = H_p(B, k) \otimes H_q(F, k)$.

Au moyen de *a* on montre par exemple, que si un espace euclidien E est fibré localement trivial à fibre F connexe et à base un polyèdre B, alors la fibration est triviale, i. e. $E = F \times B$.

b. Suite exacte de H. C. Wang ([8]). — Si B est une sphère S_n, on a la suite exacte :

$$\ldots \to H^p(F) \xrightarrow{\theta} H^{p-n+1}(F) \to H^{p+1}(E) \to H^{p+1}(F) \to \ldots.$$

En outre, comme l'a signalé J. Leray, l'homomorphisme θ est une antidérivation si n est pair, et une dérivation si n est impair. La suite exacte duale vaut en homologie.

GÉOMÉTRIE. — *Quelques remarques sur la définition des espaces de Riemann.* Note de M. **István Fáry**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Nous montrerons qu'il est possible de définir les espaces de Riemann en associant à chaque point a, un système de coordonnées normales ([1]) d'origine a et en caractérisant bien *le noyau d'espace euclidien* (*voir* n° 1) défini par ce système de coordonnées. Cette caractérisation est locale et non infinitésimale en ce sens qu'elle ne fait pas intervenir l'espace tangent.

1. Sauf mention expresse du contraire nous ne considérons que des espaces vectoriels E_n à n dimensions sur le corps réel **R**. Nous appelons *noyau d'espace vectoriel* N une partie convexe de E_n, centrée à l'origine, et contenant n éléments linéairement indépendants de E_n. Définition autonome : N est un noyau d'espace vectoriel s'il existe une application d'une partie de $N \times N$ dans N, l'image de (x, y) $(x, y \in N)$ étant notée $x + y$, et une application d'une partie

([7]) Si G est lui-même muni d'une structure d'anneau.

([8]) *Duke Math. Journal*, 16, 1949, p. 33-38.

([1]) E. Cartan, *Leçons sur la géométrie des espaces de Riemann*, 1946; A. Lichnerowicz, *Éléments de calcul tensoriel*, 1950; C. Chevalley, *Theory of Lie Groups*, 1946.

de $\mathbf{R} \times N$ dans N, où l'image de (t, x) $(t \in \mathbf{R}, x \in N)$ est notée tx, telles que les axiomes définissant les espaces vectoriels [2] soient respectés, et $-x$ et $(1-t)x + ty$ $(0 \leq t \leq 1)$ soient définis pour tout $x, y \in N$. Un noyau d'espace vectoriel N engendre un espace vectoriel E_n, unique à un isomorphisme près, et l'on peut identifier N avec une partie (convexe) de E_n; pour faciliter l'exposé nous ferons souvent cette identification.

Nous disons qu'une application $\varphi : N^0 \to N'(N' \subset E'_n)$ est un isomorphisme de noyaux, si elle est la restriction d'un isomorphisme $\bar{\varphi} : E_n \to E'_n$ d'espaces vectoriels. Si E_n est un espace euclidien (c'est-à-dire espace vectoriel muni d'une forme bilinéaire, dont la forme quadratique associée est définie positive) les noyaux $N \subset E_n$, considérés avec les restrictions de la forme bilinéaire donnée, sont appelés *noyaux euclidiens*. (En d'autres termes, dans un noyau euclidien on peut parler du produit scalaire de deux éléments.) Un isomorphisme entre noyaux euclidiens respecte le produit scalaire. Nous disons qu'une fonction numérique $f(x)$ définie sur N est de classe r, si $f_{xy}((1-t)x + ty)$, $0 \leq t \leq 1$ $(x, y \in N)$ est r-fois continûment différentiable. Appelons $C^r(N)$ la famille de ces fonctions; ici $r = 0, 1, \ldots, \infty, \omega$; $C^0(N)$, $C^\omega(N)$ sont les familles des fonctions continues et analytiques respectivement. Soit $\psi : N \to N'$ une application biunivoque d'un noyau sur un autre. Si nous posons

$$\alpha(x, y) = \psi(\overset{-1}{\psi}(x) + \overset{-1}{\psi}(y)), \qquad \mu(t, x) = \psi(t\overset{-1}{\psi}(x)) \qquad (t \in \mathbf{R},\ x, y \in N')$$

et nous définissons la somme de x, y par $\alpha(x, y)$ et le produit de x par t par $\mu(t, x)$ nous obtenons un noyau sur N' qui est en général différent de la structure donnée sur N'; notons N'' l'ensemble N' muni de cette nouvelle structure. On démontre : pour que ψ, $\overset{-1}{\psi}$ soient r-fois continûment différentiables, il faut et il suffit que $C^r(N')$ coïncide avec $C^r(N'')$.

2. Théorème. — Soit R un espace métrique (connexe) dont la fonction de distance $\rho(x, y)$ $(x, y \in R)$ satisfait aux axiomes habituels : 1° $\rho(x, y) = 0$ entraîne $x = y$; 2° $\rho(x, y) \leq \rho(x, z) + \rho(y, z)$. *Pour que* R *soit un espace de Riemann il faut et il suffit que les conditions suivantes soient vérifiées* (*avec* $r \geq 3$) :

(I). Chaque point $a \in R$ admet un voisinage N_a, qui est un noyau d'espace euclidien. Le produit scalaire de deux points $x, y \in N_a$ est noté $\langle x, y \rangle_a$, l'indice a désignant que ce produit est entendu dans la structure de N_a; pareillement $\|x\|_a$ désigne la norme d'un élément $x \in N_a$.

(II). Soit $N = N_a \cap N_b \neq \emptyset$. Considérons les classes des fonctions $C^r(N; a)$,

---

(2) N. Bourbaki, *Éléments de Mathématique*; B. L. van der Wærden, *Modern Algebra*, 1949.

$C^r(N; b)$ r-fois continûment dérivables dans N, considéré respectivement comme partie de N_a, N_b. Il existe un r, appelé classe de l'espace, tel que $C^r(N; a) = C^r(N; b)$.

(III). Si N_a, N'_a sont deux noyaux autour du même point a, l'application identique $i(x) = x (x \in N_a \cap N'_a)$ est un isomorphisme des noyaux euclidiens.

(IV). La distance euclidienne dans N_a est partiellement compatible avec la distance $\rho(a, x)$ donné sur R, c'est-à-dire on a $\rho(a, x) = \| x \|_a$, si $x \in N_a$.

3. Si nous posons $R = \mathbf{R}^n$ (= espace euclidien) $\rho(x, y)$ = distance euclidienne, $N_x = \{$vecteurs liés d'origine $x\}$, toutes les conditions du théorème sont satisfaites; ceci montre entre autres que, si la théorie de l'espace euclidien est sans contradiction, la théorie des espaces de Riemann l'est également. On pourra énoncer le théorème sans supposer que R soit un espace métrique, mais seulement qu'il soit un ensemble abstrait, et qu'en plus de (I)-(III) les deux axiomes suivants soient satisfaits :

(IV') Si $a, b \in R$, N_a, N_b sont tels que $b \in N_a$ et $a \in N_b$, alors $\| b \|_a = \| a \|_b$. (V) Soient $x_0, \ldots, x_k$ tels que $x_{i+1} \in N_{x_i}$ ($i = 0, \ldots, k-1$) et $x_k \in N_{x_0}$. Alors

$$\| x_k \|_{x_0} \leqq \| x_1 \|_{x_0} + \ldots + \| x_k \|_{x_{k-1}}.$$

Les notions fondamentales s'introduisent facilement si l'on se sert directement des propriétés (I)-(IV) sans recourir à la forme particulière de l'élément linéaire. L'espace tangent en $x \in R$ est l'espace vectoriel engendré par un noyau N_x; dans ce cas il est préférable de ne pas identifier N_x avec une partie de l'espace vectoriel. On peut envisager différentes généralisations. On peut énoncer les mêmes hypothèses sans supposer que les noyaux soient de dimension finie ([3]). On peut considérer des noyaux, sur le corps des nombres complexes, etc.

D'autres généralisations des espaces de Riemann s'obtiennent en changeant convenablement les hypothèses du théorème. Supposons d'abord que R soit seulement un espace topologique et que les noyaux soient des noyaux d'espace vectoriel (sans produit scalaire). Alors les conditions (I), (II) caractérisent les variétés ([4]). Si de plus la condition (III) est aussi satisfaite, R est un espace de chemins (*space of paths*). De même nous obtenons les espaces de Finsler considérés comme espaces localement minkowskiens, de la façon suivante. Un espace vectoriel E_n est un espace de Minkowski (= espace de Banach de dimension finie), s'il est doué d'une norme $n(x)$ ($x \in E_n$), qui est une fonction numérique > 0 pour $x \neq 0$, et telle que $n(t^2 x) = t^2 n(x)$, $n(x+y) \leqq n(x) + n(y)$; un noyau minkowskien est un noyau d'espace vectoriel doué d'une telle norme. En énonçant le théorème avec des noyaux d'espace de Minkowski, nous pouvons caractériser les espaces de Finsler. On peut pareillement envisager les groupes de Lie.

([3]) Kerner, *Compositio Math.*, 4, 1936-1937, p. 308.

([4]) O. Varga, *Acta Sci. Math., Szeged*, 10, 1943; H. Busemann, *Bull. of the Amer. Math. Soc.*, 50, 1949.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les variétés riemanniennes admettant une forme quadratique extérieure à dérivée covariante nulle.* Note de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Joseph Pérès.

On donne, pour de telles variétés, des généralisations de propriétés établies par Eckmann et Guggenheimer [1] dans le cas des variétés kählériennes compactes.

1° Soit V_m une variété riemannienne compacte de dimension m et de classe $C^\nu (\nu \geqq 3)$. On suppose essentiellement qu'il existe sur V_m une forme quadratique extérieure F telle que le tenseur $F_{\alpha\beta}$ associé soit à dérivée covariante nulle $\nabla_\gamma F_{\alpha\beta} = 0$. A partir de F, on définit sur l'espace vectoriel Φ^p des formes extérieures de degré p les opérateurs suivants :

a. A toute p-forme φ, de composantes $\varphi_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_p}$, on fera correspondre la p-forme $M\varphi$ de composantes

$$(M\varphi)_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_p} = \varepsilon^{\alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_p}_{\lambda_1 \lambda_2 \ldots \lambda_p} F^\rho{}_{\alpha_1} \varphi_{\rho \alpha_2 \ldots \alpha_p},$$

où ε est le tenseur-indicateur de Kronecker.

b. A toute p-forme φ, le produit extérieur par F fera correspondre la forme $L\varphi = \varphi \wedge F$. La notation $\star$ désignant l'adjointe dans la métrique riemannienne de V_m, on posera $\Lambda = \star L \star$.

d et δ désignant les opérateurs classiques de fermeture et cofermeture [2], on a manifestement

$$dL = Ld, \qquad \delta\Lambda = \Lambda\delta. \tag{1}$$

On établit de plus, par un calcul direct, que

$$\delta L = \pm L\delta + k_1 M d + k_2 dM, \tag{2}$$

k_1 et k_2 étant des constantes convenables. On en déduit

Théorème 1. — *S'il existe sur une variété riemannienne compacte* V_m *une forme quadratique* F *à dérivée covariante nulle, l'opérateur* L *associé transforme toute forme harmonique en une forme harmonique.*

En effet φ étant harmonique, $L\varphi$ est fermée d'après (1). De plus, d'après (2), $d\delta L\varphi = 0$. La forme $\delta L\varphi$ étant cohomologue à zéro et fermée est nulle, ce qui démontre le théorème.

On notera que

$$\Lambda = c\Lambda',$$

---

(1) Voir *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 489-491 et 503-505 (désignés dans la suite par E. G. II et E. G. III et dont nous conserverons autant que possible les notations). L'idée fondamentale remonte à A. Weil (*Comment. Math. Helv.*, **20**, 1947, p. 110-116).

(2) *Voir* par exemple Bidal et de Rham, *Comment. Math. Helv.*, **19**, 1946, p. 9-11.

où c est une constante et Λ' l'opérateur qui, à la p-forme φ, de composantes $\varphi_{\lambda_1 \ldots \lambda_p}$ fait correspondre la $(p-2)$-forme de composantes

$$(\Lambda'\varphi)_{\lambda_1 \ldots \lambda_{p-2}} = F^{\alpha\beta}\varphi_{\lambda_1 \ldots \lambda_{p-2}\alpha\beta}.$$

2° Supposons la variété V_m de dimension *paire* $m = 2n$, la forme F de *rang* $2n$ et réduisons-nous aux formes φ de degré $p \leqq n$. A partir de F on peut construire la forme quadratique ordinaire, définie positive, de coefficients

$$h_{\alpha\beta} = F_{\alpha\rho} F^{\rho}_{\beta}.$$

Les $h_{\alpha\beta}$ étant à dérivée covariante nulle, ou bien $h_{\alpha\beta} = \lambda^2 g_{\alpha\beta}$, ou bien la métrique de V_{2n} est réductible. Nous écarterons dans cette Note ce second cas qui conduit, sur l'homologie de V_{2n}, à des conséquences plus fines que le premier ([3]). En multipliant F par un facteur convenable, nous supposerons donc dans la suite

$$F_{\alpha\rho} F^{\rho}_{\beta} = g_{\alpha\beta}. \tag{3}$$

On déduit aisément de (3) par un calcul local

$$\Lambda' L^k \varphi = c_1 L^k \Lambda' \varphi + c_2 L^{k-1} \varphi \qquad (p + 2k \leqq n), \tag{4}$$

c_1 et c_2 étant des constantes convenables non nulles. De (4) résulte immédiatement une théorie des formes de classe k ([4]), une forme *effective* (ou de classe zéro) étant telle que $\Lambda\varphi = 0$ et une forme de *classe k*, le produit par L^k d'une forme effective.

THÉORÈME II. — *Sous les hypothèses faites,* ΛL *est un isomorphisme de* Φ^p *sur lui-même* $(p \leqq n - 2)$. *Toute p-forme* φ $(p \leqq n)$ *admet une décomposition canonique en somme directe du type*

$$\varphi = \sum_{k=0}^{k=q} L^k \psi^{p-2k} \qquad \left[q = \left(\frac{p}{2}\right) \right], \tag{5}$$

où les ψ^{p-2k} *sont des* $(p-2k)$*-formes effectives.*

A l'introduction près de l'opérateur Λ, ce théorème n'est d'ailleurs autre qu'un théorème d'algèbre extérieure sur les formes quadratiques de rang $2n$ ([5]), dont on obtient ici une démonstration élémentaire.

3° Les opérateurs $\star$, L et Λ appliqués à des formes harmoniques donnent toujours des formes harmoniques. Les résultats de Eckmann et Guggenheimer énoncés dans E. G. III 3 sont donc valables ici et la décomposition (5) d'une

([3]) On peut tirer de telles conséquences de la méthode esquissée, pour le cas kählérien, dans ma Note aux *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1280.

([4]) *Voir* E. G. II.

([5]) *Voir* LEPAGE, *Coll. int. du C. N. R. S. Algèbre et théorie des nombres*, 24, 1949, p. 183-184.

forme harmonique s'effectue à partir de formes effectives ψ harmoniques. En particulier

THÉORÈME III. — *S'il existe sur une variété riemanienne compacte* V_{2n} *une forme quadratique extérieure* F *à dérivée covariante nulle et satisfaisante à* (3), *on a* $b_{p-2}(V_{2n}) \leq b_p(V_n)$ *pour* $p \leq n$ [*et naturellement* $b_{2k}(V_{2n}) \neq 0$ et $b_{2k+1}(V_n)$ pair].

Si (3) n'est pas satisfaite, la forme F étant toujours de rang $2n$, des conséquences topologiques plus fines peuvent être obtenues en réduisant la métrique de V_{2n} à une somme de r métriques et en introduisant les opérateurs $L_1, L_2, \ldots, L_r$ que l'on peut leur associer par une extension du procédé précédent ([6]). Les résultats correspondants paraîtront ailleurs.

GÉOMÉTRIE-CARTOGRAPHIE. — *Un nouveau mode d'accès à la trigonométrie sphérique*. Note de M. **André Gougenheim**, présentée par M. Donatien Cot.

Il est possible d'établir les formules de la trigonométrie sphérique en s'appuyant sur les propriétés de la représentation conforme de la sphère. Les formules obtenues se présentent sous une forme symbolique qui les rend directement applicables aux calculs relatifs aux représentations conformes, notamment aux changements de pivot.

1. Les représentations conformes de la sphère terrestre usitées en cartographie sont définies par des relations qui sont généralement simples quand le pôle, l'équateur ou le méridien origine jouent des rôles particuliers, notamment quand leurs images sont des centres ou des axes de symétrie du canevas. Mais il peut être utile, pour améliorer la représentation de certaines régions, de transférer ces rôles à des points ou à des grands cercles quelconques de la surface sphérique. On y parvient d'ordinaire en effectuant un changement de coordonnées sur la sphère et en appliquant la formule de la projection considérée au nouveau système de coordonnées; ce procédé convient surtout lorsqu'on effectue des applications pratiques et qu'on utilise, pour caractériser la projection, des formules explicitant chacune des coordonnées rectangulaires planes x et y, en fonction des coordonnées géographiques : latitude L, longitude M. Cependant, pour des études d'un caractère plus général, il est commode de considérer les projections conformes sous la forme $z = f(\mathfrak{z})$ en désignant par z et $\mathfrak{z}$ les quantités complexes $y + ix$ et $\mathcal{L} + i\text{M}$, où $\mathcal{L}$ représente la latitude isométrique égale à $\text{Log}\,\text{tg}(\pi/4 + \text{L}/2)$.

Pour pouvoir appliquer aux systèmes conformes ainsi définis les transformations envisagées, il faut donc disposer de formules de trigonométrie sphérique faisant intervenir non plus les éléments sphériques usuels, mais des quantités complexes analogues à $\mathfrak{z}$. Ce sont ces formules que nous nous proposons d'établir; au lieu d'opérer en partant des relations classiques de la

([6]) Voir *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1280.

trigonométrie sphérique, nous y arriverons directement à l'aide des propriétés générales de la représentation conforme. Comme l'établissement de ces propriétés ne fait pas intervenir la trigonométrie sphérique, nous obtiendrons ainsi *un nouveau mode d'accès à la trigonométrie sphérique* et des *formules nouvelles* à partir desquelles il est d'ailleurs aisé de retrouver les relations usuelles.

2. Pour simplifier l'écriture nous poserons $[u] = \operatorname{Log}\operatorname{tg}(\pi/4 + u/2)$ en désignant par u une quantité quelconque, réelle ou complexe. On appelle souvent u gudermannien ou amplitude hyperbolique de $[u]$; le symbole $[u]$ représente alors l'antigudermannien de u.

3. Considérons sur une sphère deux arcs de grand cercle rectangulaire OP et OQ égaux tous deux à $\pi/2$ (*fig.* 1). Soit M un point quelconque de la surface sphérique. Désignons par V et U les points où les grands cercles PM et QM rencontrent orthogonalement les grands cercles OQ et OP. La figure OUMV est un *quadrilatère sphérique trirectangle*.

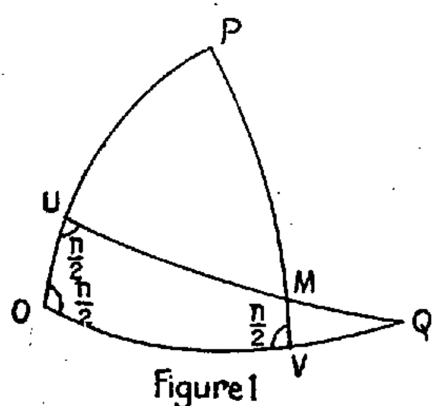


Figure 1

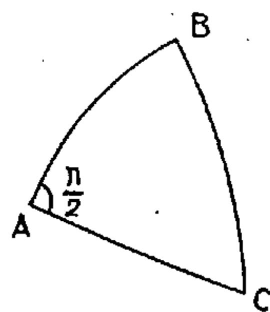


Figure 2

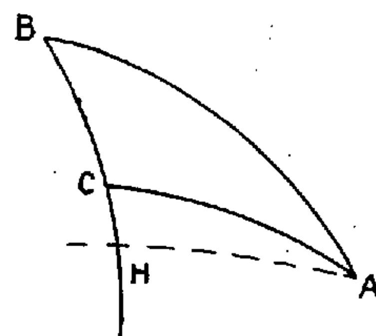


Figure 3

Dans un système de coordonnées géographiques de pôle P, VM est la latitude de M et OV sa longitude. Considérons alors une représentation conforme de la sphère faisant correspondre l'axe des y au méridien OP pris comme origine des longitudes et l'axe des x à l'équateur OQ. Une telle représentation s'exprime en écrivant que $y + ix$ est une fonction réelle et impaire de $[\mathrm{VM}] + i\mathrm{OV}$. De même, dans le système de pôle Q, cette représentation peut être définie en écrivant que $x + iy$ est une fonction réelle et impaire de $[\mathrm{UM}] + i\mathrm{OU}$ ou encore que $y + ix$ est une fonction imaginaire de $[\mathrm{UM}] - i\mathrm{OU}$. Comme il s'agit dans les deux cas de la même représentation, $[\mathrm{VM}] + i\mathrm{OV}$ est une fonction imaginaire de $[\mathrm{UM}] - i\mathrm{OU}$ et l'on peut poser, en désignant par f une fonction réelle (et impaire),

$$[\mathrm{VM}] + i\mathrm{OV} = if([\mathrm{UM}] - i\mathrm{OU}).$$

Pour trouver cette fonction, nous nous appuierons sur le fait que, pour définir la représentation, il suffit de connaître par exemple la loi de graduation de l'axe des y, image de OP. En faisant donc $\mathrm{OV} = \mathrm{UM} = 0$, $\mathrm{OU} = \mathrm{VM}$, on trouve $[\mathrm{OU}] = if(-i\mathrm{OU})$ ou encore $if(\mathrm{OU}) = [i\mathrm{OU}]$. La relation entre les quatre côtés du quadrilatère s'écrit donc $[\mathrm{VM}] + i\mathrm{OV} = [\mathrm{OU} + i[\mathrm{UM}]]$.

4. Ces quatre côtés sont égaux respectivement à un des angles, à un des côtés et aux compléments des deux autres côtés du triangle sphérique PUM. En identifiant ce triangle avec le triangle classique ABC, la relation précédente s'écrit : $(\pi/2 - a) + i\mathrm{B} = (\pi/2 - c + i[b])$

Comme elle permet d'exprimer deux éléments quelconques en fonction des deux autres, elles contient en principe toutes les formules du *triangle rectangle sphérique*, puisqu'il est possible de les en déduire par des permutations, puis par des combinaisons entre les relations obtenues.

5. Si l'on considère un *triangle sphérique quelconque* ABC (*fig.* 3) et qu'on désigne par H l'intersection avec le côté BC du grand cercle mené par A orthogonalement à ce côté, il vient par application de la formule précédente aux deux triangles rectangles AHB et AHC :

$$ia = \left[\pi - \mathrm{C} + i\left(\frac{\pi}{2} - b\right)\right] - \left[\mathrm{B} + i\left(\frac{\pi}{2} - c\right)\right]$$

formule d'où l'on déduit immédiatement cinq relations analogues par permutation circulaire et par la considération du triangle polaire. Mais à elle seule, elle conduit directement à deux formules indépendantes de la trigonométrie sphérique et par suite à toutes les autres. En particulier, en appliquant judicieusement la formule $\mathrm{tg}(u/2) = \mathrm{th}([u]/2)$ à cette relation et à la relation conjuguée, on retrouve aisément la formule fondamentale, l'analogie des sinus ou la relation des cotangentes.

MÉCANIQUE. — *Sur l'excitation paramétrique.* Note de M. **Nicolas Minorsky**, présentée par M. Henri Beghin.

En introduisant comme variables $\rho = r^2 = x^2 + \dot{x}^2$, $\theta = \mathrm{arctg}(\dot{x}/x)$ et en appliquant le calcul des perturbations à une équation différentielle linéaire de Mathieu, on trouve que φ s'approche d'une limite fixe, tandis que ρ grandit indéfiniment. Le même procédé appliqué à la même équation non linéaire montre que ρ et φ s'approchent de deux limites fixes. Ces conclusions sont d'accord avec les résultats des expériences de Mandelstam et Papalexi.

Il est bien connu que, si l'on fait varier un paramètre approprié d'un système oscillatoire (mécanique ou électrique), ce système commence à osciller avec une fréquence égale à la moitié de celle du paramètre. Les expériences de Mandelstam et Papalexi ont montré [1] que, si le système en question est régi par une équation différentielle (e. d. pour abréger) linéaire, l'amplitude de l'oscillation augmente indéfiniment, tandis que, pour une e. d. non linéaire correspondante, le régime stationnaire s'établit avec une amplitude finie.

---

(1) L. Mandelstam et N. Papalexi, *Journal of Technical Physics, U. S. S. R.*, 1934.

Dans le cas linéaire, le problème se réduit toujours à une e. d. du type de Mathieu, à savoir

(A) $$\ddot{x} + (1 + \gamma \cos 2t)\, x = 0,$$

où γ est le taux de la variation du paramètre que nous supposerons petit.

Ayant en vue le problème non linéaire, il est avantageux d'appliquer le calcul classique des perturbations. Dans ce but, introduisons une variable $\rho = r^2 = x^2 + \dot{x}^2 = x^2 + y^2$, où nous définissons $x = r\cos\theta$, $y = r\sin\theta$. On remplace ainsi (A) par un système de deux e. d. du premier ordre

(B) $$\frac{d\rho}{dt} = -\gamma\rho\cos 2t \sin 2\theta, \qquad \frac{d\theta}{dt} = -1 - \gamma\cos 2t\cos^2\theta,$$

qu'on cherchera à satisfaire par des solutions de la forme

$$P(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \gamma^\nu P_\nu(t), \qquad \theta(t) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \gamma^\nu \theta_\nu(t);$$

où $P(t) = \log\rho(t)$ est une variable auxiliaire. On obtient ainsi une suite d'e. d. qu'on intègre de proche en proche avec les conditions initiales $P(0) = P_0$; $\theta(0) = \varphi_0$; $P_\nu(0) = \theta_\nu(0) = 0$, $\nu = 1, 2, \ldots$. Les deux premières e. d. donnent

$$P_0(t) = P_0 = \text{const.}, \qquad P_1(t) = -\left(\frac{1}{2}\sin 2\varphi_0\right)t + \text{termes périodiques};$$

$$\theta_0(t) = \varphi_0 - t, \qquad \theta_1(t) = -\left(\frac{1}{4}\cos 2\varphi_0\right)t + \text{termes périodiques}.$$

En limitant les calculs aux termes du premier degré en γ, on trouve que, pendant une période 2π, la phase varie d'une quantité $\Delta\varphi_0 = -(1/2)\pi\gamma\cos 2\varphi_0$ et que la valeur $\varphi_0 = (3\pi/4)$ est une phase stable vers laquelle toute autre phase tend asymptotiquement. Quand la phase stable est atteinte, la quantité $P(t)$ augmente pendant le temps 2π d'une quantité positive fixe $\Delta P = \pi\gamma$, en sorte que $\rho(t)$ grandit indéfiniment, ce qui est d'accord avec le résultat expérimental mentionné plus haut.

Dans le cas non linéaire, nous pouvons envisager l'e. d. sous la forme

(C) $$\ddot{x} + p\dot{x} + (1 + \gamma\cos 2t)x + \varepsilon x^3 = 0,$$

où nous supposerons que p et ε sont petits, du même ordre que γ. En procédant comme il vient d'être indiqué, on trouve

$$\Delta P = \pi\gamma(\sin 2\varphi_0 + 2B), \qquad \Delta\varphi_0 = -\frac{1}{2}\pi\gamma\left(\cos 2\varphi_0 + \frac{3}{2}A\right);$$

où $B = p/\gamma$ et $A = \varepsilon/\gamma$. En considérant que la période 2π est petite par rapport à la durée du phénomène, on remplace la suite précédente d'équations aux différences finies par les e. d. de la première approximation

(D) $$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{1}{2}\rho(\sin 2\varphi + 2B), \qquad \frac{d\varphi}{dt} = -\frac{1}{4}\left(\cos 2\varphi + \frac{3}{2}A\rho\right).$$

Le régime stationnaire est donné par le point singulier de ce système, d'où l'on tire la valeur de l'amplitude stationnaire

$$\rho_0 = \frac{2}{3} A \sqrt{1 - 4B^2}.$$

Les équations aux variations de Poincaré donnent l'équation caractéristique

$$\text{(E)} \qquad S^2 + BS + \frac{1}{4}(1 - 4B^2) = 0.$$

On voit ainsi que si $\gamma < 2p$, le système (D) a un col et ρ_0 est imaginaire. Pour $\gamma > 2p$, le point singulier est stable. C'est un nœud, si $\gamma < p\sqrt{5}$ ou bien un foyer, si $\gamma > p\sqrt{5}$. Pour un système non linéaire conservatif $B = 0$, $A \neq 0$ et le point singulier est un centre, l'amplitude stationnaire étant $\rho_0 = 2\gamma/3\varepsilon$. Ce qui vient d'être mentionné au sujet du cas où $\gamma < 2p$ est conforme au théorème de Poincaré qui affirme qu'il ne peut y avoir une courbe intégrale fermée ne contenant qu'un col dans son intérieur.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur certaines solutions des équations de l'écoulement plan d'un fluide pour une loi de compressibilité approximative.* Note de M. **Robert Legendre**, présentée par M. Maurice Roy.

Nous nous proposons ci-après de définir une famille de solutions, dépendant d'une fonction arbitraire et d'un contour d'intégration abitraire, pour l'écoulement potentiel isentropique et plan d'un fluide ayant une loi de compressibilité assez voisine de celle des gaz parfaits dans le domaine subsonique et dans le domaine transsonique.

1° L'angle θ désignant l'inclinaison de la vitesse sur une direction de référence et σ une fonction convenable de l'intensité de la vitesse, le potentiel φ et la fonction de courant ψ satisfont aux équations :

$$\varphi'_\theta = -\psi'_\sigma, \qquad \varphi'_\sigma = k\psi'_\theta,$$

où k est une fonction de σ qui, pour un gaz parfait, tend vers 1 lorsque σ croît indéfiniment par valeurs positives, s'annule avec σ, et devient infinie pour une valeur négative $-\sigma_m$ de σ.

Ces propriétés de k sont celles de la fonction homographique $\sigma/(\sigma + \sigma_m)$, dont la substitution à k dans les équations ci-dessus facilite l'intégration.

2° La représentation n'est jamais satisfaisante pour σ voisin de $-\sigma_m$, qui correspond à des vitesses supersoniques élevées, car k n'admet pas un pôle simple en $-\sigma_m$. Il est préférable de rechercher une représentation convenable dans le domaine transsonique, correspondant à σ voisin de zéro, en choisissant

$$\frac{1}{\sigma_m} = \frac{dk}{d\sigma} \qquad (\sigma = 0),$$

de sorte que la représentation reste assez satisfaisante pour toutes les valeurs positives de σ correspondant à des vitesses subsoniques. Cette représentation définit la loi de compressibilité d'un fluide fictif se comportant approximativement comme un gaz parfait jusqu'à une vitesse faiblement supersonique.

3° Un groupement de solutions, produits d'une fonction exponentielle de θ par une fonction de σ et satisfaisant à une équation de Laplace en raison de la forme donnée à k, conduit aux expressions

$$\psi = \int_C F(z)\,du, \qquad \varphi = -\int_C F(z)\,\mathrm{tg}\,u\,du,$$

où

$$z = \theta + (\sigma + \sigma_m)\,\mathrm{tg}\,u + \sigma_m u.$$

F est une fonction analytique de z et C est un contour du plan de la variable complexe u entourant au moins une singularité de $\mathrm{tg}\,u$, ou dont l'image dans le plan de la variable z, pour des valeurs données de θ et σ, contient au moins une singularité de la fonction $F(z)$.

4° La validité de la solution peut être vérifiée directement.

Si le contour C ne rencontre aucune singularité de $\mathrm{tg}\,u$ et si son image dans le plan z ne rencontre aucune singularité de $F(z)$, les intégrales sont bien définies et dérivables sous le signe d'intégration par rapport à θ et σ :

$$\psi'_\sigma = -\varphi'_\theta = -\int_C F'_z\,du, \qquad \sigma\psi'_\theta - (\sigma+\sigma_m)\varphi'_\sigma = \int_C F'_z[(\sigma+\sigma) + \sigma_m\,\mathrm{tg}^2 u]\,du = \int_C \frac{dF}{du}\,du.$$

Pour que la dernière intégrale soit nulle, il suffit que la fonction $F(z)$ soit uniforme sur l'image du contour C dans le plan de la variable z, même si cette image enferme des points critiques dont les effets se compensent. Le contour peut même être ouvert, et la fonction F multiforme, pourvu qu'elle prenne la même valeur aux deux extrémités.

La solution n'est pas, en général, identiquement nulle. Une solution réelle est la somme de deux solutions conjuguées.

5° L'expression de la fonction de courant ψ est intégrable pour $\sigma = -\sigma_m$:

$$\psi = -\frac{1}{\sigma_m}\int_C F(z)\,dz.$$

Elle est constante lorsque $F(z)$ reprend la même détermination après description d'un contour fermé, aux discontinuités près qui correspondent au franchissement d'un point singulier de $F(z)$ lorsque le contour, image de C dans le plan de la variable z, varie avec θ.

La fonction de courant ψ peut varier pour $\sigma = -\sigma_m$, si les hypothèses ci-dessus ne sont pas respectées. Soit, à titre d'exemple :

$$\psi = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\varepsilon\,du}{z^2+\varepsilon^2},$$

dont la valeur pour $\sigma = -\sigma_m$ est :

$$\psi = \frac{1}{\sigma_m} \operatorname{Arctg} \frac{\pi\sigma_m}{1 + \theta^2 - \left(\frac{\pi\sigma_m}{2}\right)}.$$

6° Un décalage de 2π du contour C dans le plan de la variable u équivaut à un décalage de θ de $-2\pi\sigma_m$ et ne fournit pas de solution nouvelle.

HYDRAULIQUE — *Étude particulière de certains jets.*
Note (*) de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Étude de jets issus de conduites inclinées à 45° sur l'horizontale, mettant en évidence une coïncidence convenable avec la parabole théorique, malgré l'influence notable des phénomènes d'entraînement d'air.

En vue de leur application à certains problèmes d'évacuation des crues, nous avons été conduit à étudier l'écoulement de jets issus de l'extrémité d'une conduite circulaire, la vitesse U_0 en ce point faisant un angle α avec l'horizontale au-dessus de celle-ci.

1° Nous avons effectué une première série d'expériences sur un tube rectiligne de 12^{mm} de diamètre intérieur, pour des angles α allant de 15 à 60° et des vitesses U_0 variant de 1,95 à 4,82 m/sec.

Nous avons constaté que le tracé général du jet coïncide approximativement avec la parabole trajectoire dans le vide d'un point pesant, animé de la même vitesse initiale.

2° D'autres expériences effectuées avec un tube rectiligne de 80^{mm} de diamètre, pour $\alpha = 45°$, en confirmant le résultat précédent, ont mis en évidence, pour des valeurs de U_0 suffisamment élevées, une dispersion importante du jet provoquée par l'entraînement d'air et nettement visible sur la photographie au 1/1000 de la figure 1.

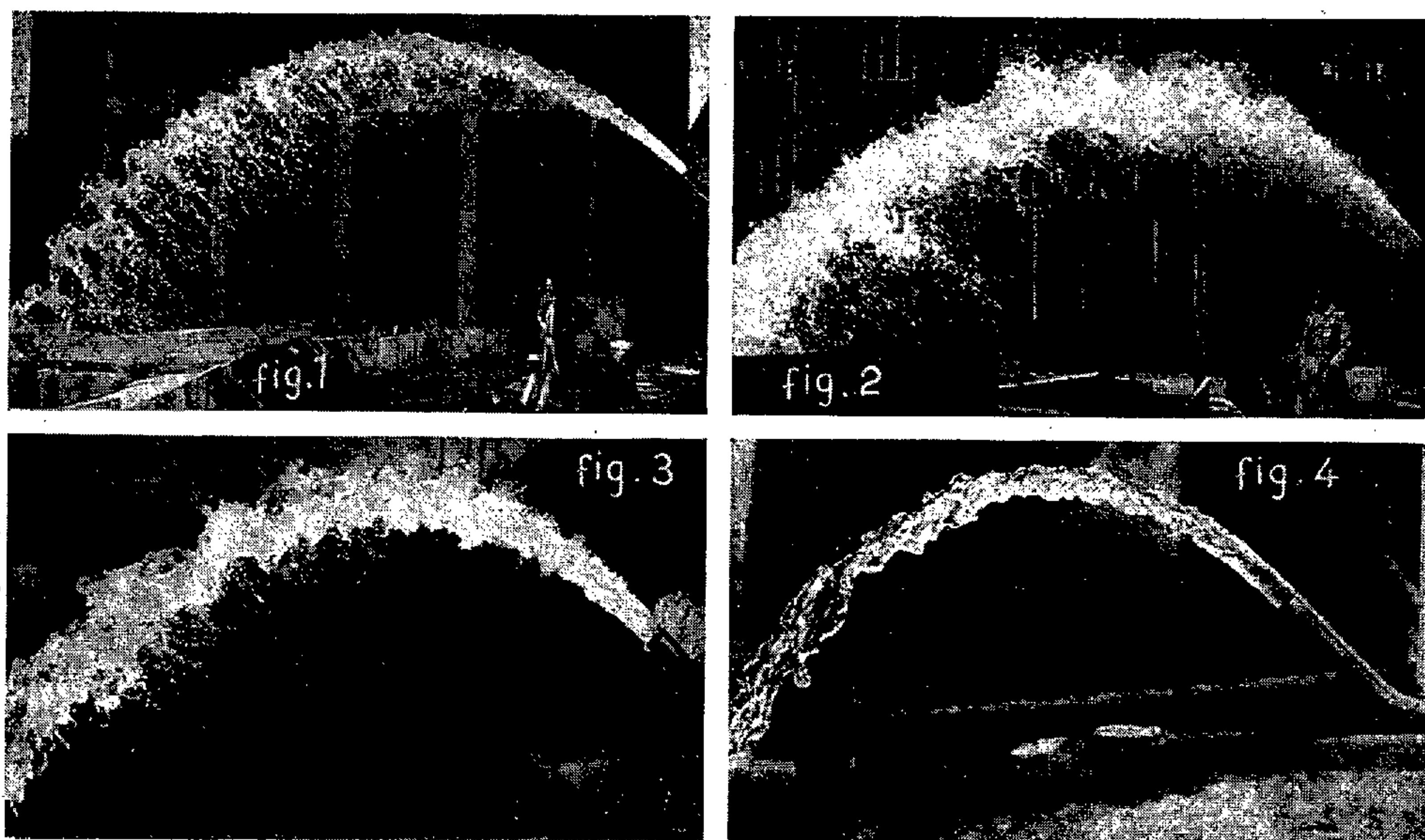
3° Nous avons enfin étudié un tube de 250^{mm} de diamètre intérieur, constitué par la partie aval d'un coude précédé d'une vanne complètement ouverte pendant les mesures et d'une tubulure supprimant les contractions à l'entrée.

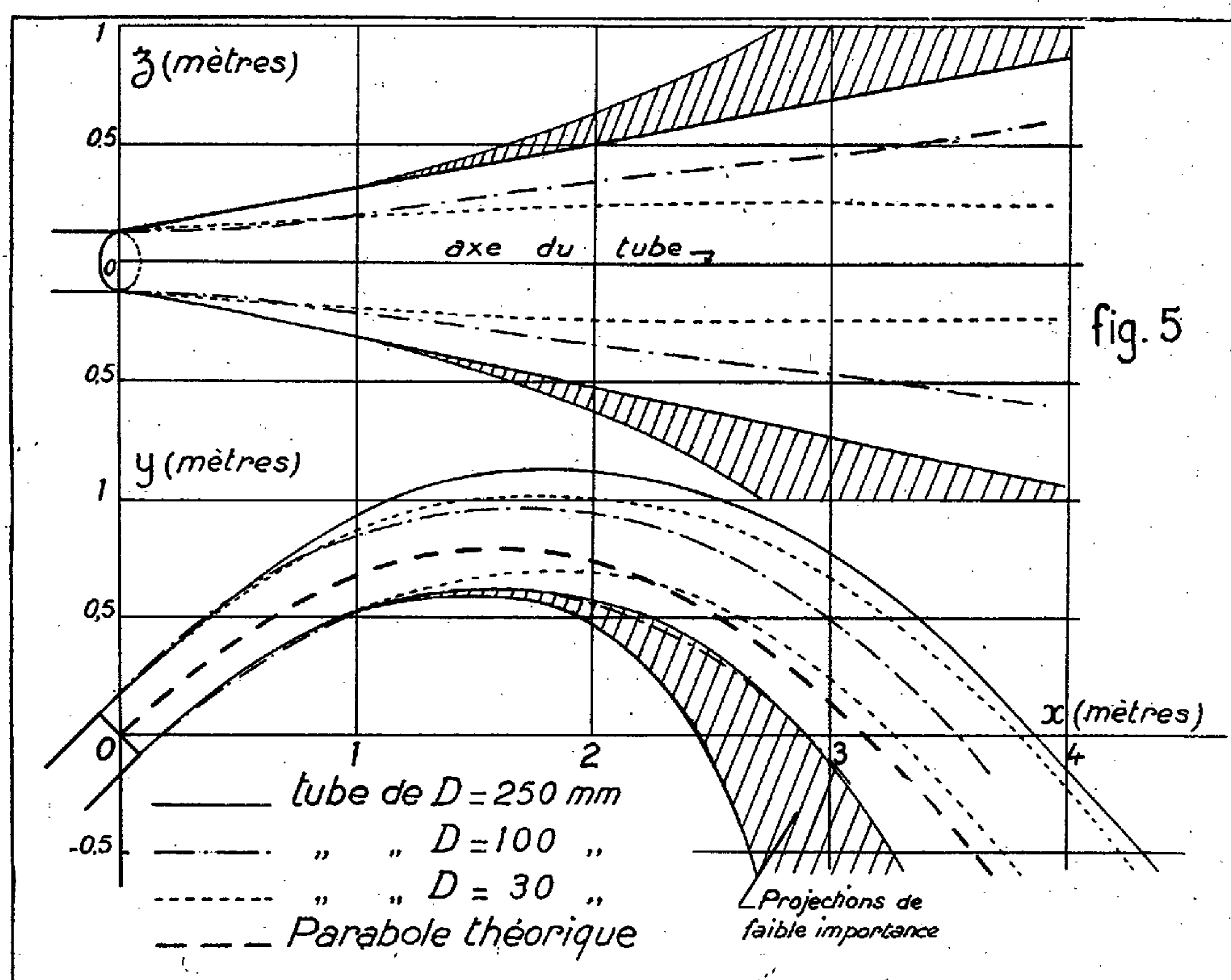
Des mesures comparatives ont été effectuées sur deux modèles géométriquement semblables au précédent, de diamètres respectifs 100 et 30^{mm}, fonctionnant sous des charges homologues, afin de voir dans quelle mesure la loi de similitude de Reech Froude s'applique au phénomène considéré, malgré l'influence de l'entraînement de l'air.

Le jet de diamètre $D = 250^{mm}$ présente, dès la sortie du tube (*fig.* 2), une forme très tourmentée : des vrilles superficielles et une alternance irrégulière de creux et de bosses caractérisent la surface du jet. La veine est instable et les

(*) Séance du 6 décembre 1950.

vrilles changent brusquement de sens, d'un instant à l'autre. La diffusion du





jet, par suite d'un entraînement d'air très important, est relativement considérable.

Des phénomènes analogues, bien que moins accentués, se produisent sur les modèles de diamètre D = 100^{mm} (*fig.* 3) et D = 30^{mm} (*fig.* 4).

Les résultats intéressant la similitude de la forme des jets sont représentés schématiquement sur la figure 5, sur laquelle on a tracé, en projection horizontale et en coupe, suivant le plan vertical passant par l'axe du tube évacuateur :

la parabole théorique correspondant à la hauteur dynamique h' considérée;

les limites de la portion compacte du jet issu du tube de 250^{mm} de diamètre, ainsi que la zone intéressée par les projections latérales ou inférieures à très faible débit;

les lignes du contour apparent des jets issus des tubes de D = 30 et 100^{mm}, les tracés correspondants étant ramenés à l'échelle du jet de D = 250^{mm}.

On voit que la dispersion du jet augmente avec l'échelle, du fait de l'aération relativement plus importante aux vitesses plus élevées du grand modèle.

D'autre part, la parabole théorique est située plutôt en dessous de la trajectoire moyenne pour chacun des trois jets : cet écart peut s'expliquer, malgré l'influence du frottement de l'air, par le fait que la parabole théorique étudiée correspond à une hauteur dynamique évaluée à partir de la vitesse moyenne, sans tenir compte de la majoration d'énergie cinétique due à l'inégale répartition des vitesses.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur la symétrie relativiste dans le formalisme non superquantifié.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans le cadre de la théorie des particules à spin, l'utilisation conjuguée de notre définition généralisée du produit scalaire hermitien [1] et de la définition d'Arnous de la fonction caractéristique [4] fournit une symétrisation relativiste du formalisme. Comparaison des opérateurs H_t et ∂_t. Remarques sur une formule de Fock et Krylov [7].

Notre définition généralisée du produit scalaire hermitien sur une hypersurface $\mathcal{E}$ du genre espace [1] s'étend à la théorie générale des particules à spin; pour une intégration à temps constant, elle vient en coïncidence avec les définitions des auteurs pour la densité de présence ou la valeur moyenne d'un opérateur [2]. Cette définition conserve les quatre propriétés fondamentales

---

(1) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 626.

(2) *Voir* notamment N. Kemmer, *Proc. Roy. Soc.*, A 173, 1939, équ. (10'), p. 95 et (11), p. 96; L. de Broglie, *La mécanique ondulatoire du photon*, 1, 1940, équ. (18), p. 180 et (32), p. 182.

du produit scalaire hermitien, donc la possibilité de construire un espace de Hilbert, mais deux remarques s'imposent :

1° Le caractère défini positif de la densité de présence n'assure automatiquement la condition $(\psi, \psi) > 0$ qu'en théorie de Dirac; dans le cas général, le quadri-courant matriciel étant toujours conservatif, on peut se ramener au cas précédent au moyen, éventuellement, d'un changement d'orientation de la normale aux $\mathcal{E}$.

2° La propriété $(\varphi, \psi)^* = (\psi, \varphi)$ se démontre en prenant les conjuguées non seulement sur le symbole i quantique, mais aussi sur le symbole i minkowskien; cette règle, différente de la règle usuelle ([3]), est ici justifiée parce que : α. si notre définition est écrite en notations réelles de Minkoswski, toutes les quantités non quantiques sont réelles, et la règle pour passer aux conjuguées est claire; mais la coïncidence avec la notation $x_4 = ict$ n'a lieu que moyennant la règle précédente; β. la symétrie minkowskienne des densités $\bar{\psi}\gamma\psi$ ou $\bar{\psi}[\partial^i]\gamma\psi$, $\bar{\psi} = \psi^+\gamma^0$, résulte des propriétés de commutation et d'hermiticité des γ, de sorte que les deux symboles i sont ici solidaires; γ. dans notre théorie, comme dans celle de Schwinger, les deux quadri-opérateurs x^i et ∂^i ont un sens, et doivent jouir de la symétrie minkowskienne, ce qui nous impose la règle précédente.

Notre définition ne pourrait pas être étendue à l'équation dite de Klein-Gordon, du fait du problème de la commutation de R avec l'opérateur de courant $[\partial^i]$ dans l'expression de la valeur moyenne de $\mathcal{R}$. Par ailleurs, notre démonstration ([3]) de l'hermiticité de l'opérateur $-(h/2\pi i)\partial_t$ réussit essentiellement grâce à la métricité de l'espace-temps.

Pour tout opérateur hermitien R, Arnous ([4]) a montré, par le critère de Bochner, que l'expression $F(\mathcal{E}, s) \equiv [\psi, e^{(2\pi i/h)sR}\psi]$ a les propriétées d'une fonction caractéristique et, par le théorème de Stone, qu'elle est bien la fonction caractéristique associée à la fonction de distribution de J. von Neumann. Beaucoup plus générale et concise que les règles élémentaires de la mécanique ondulatoire, la formule d'Arnous, jointe à la nôtre, fournit une clé pour sortir enfin du cercle des fonctions et valeurs propres définies à temps constant; elle permet d'étudier la variation avec $\mathcal{E}$ d'une fonction caractéristique F d'opérateur hermitien quelconque, sans qu'il ait été besoin, comme en théories de Tomonaga-Schwinger ([5]) ou de Dirac ([6]), de définir *le même* ψ sur deux $\mathcal{E}$ distinctes.

([3]) *Voir* par exemple : L. de Broglie, *Mécanique ondulatoire du photon et théorie quantique des champs*, Paris, 1949, p. 16.

([4]) *Thèse*, Paris, 1946, et *J. Phys.*, 8, 1947, p. 87-93.

([5]) *Prog. Theor. Phys.*, 1, 1946, p. 27 et suiv.; *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1439 et suiv.

([6]) *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 1092 et suiv.; *Actes du Congrès « Particules élémentaires »*, Paris, 1950 (sous-presse).

Étant hermitien grâce à notre définition, l'opérateur $-(h/2\pi i)\partial_t$ a une fonction caractéristique, qui se trouve être $F_1(\mathcal{E}, s) = [\psi(t), \psi(t-s)]$; définie à temps constant, la fonction caractéristique de l'hamiltonien H_t est $F(t, s) = [\psi(t), \psi_0(t-s)]$, $\psi_0(t)$ désignant la fonction qui serait solution de l'équation d'ondes si H_t gardait sa valeur actuelle H_{t_0}. On voit donc que : 1° lorsque H ne dépend pas du temps, les deux fonctions caractéristiques F et F_1 sont identiques; 2° lorsque H dépend du temps, le $\psi(t-s)$ dans F_1 est l'enveloppe des $\psi_0(t-s)$ de F_2. Si l'on développe l'exponentielle d'Arnous, on fait apparaître les *moments* successifs de la loi statistique, et l'on voit que les deux opérateurs $-(h/2\pi i)\partial_t$ et H_t ont mêmes moments d'ordre 0 et 1, probabilité totale et valeur moyenne; ils sont donc équivalents en ce qui concerne le raccord avec la mécanique classique, et la formulation classique de la conservation de l'énergie. La différence apparaît avec le moment d'ordre 2, du fait de la non-commutation de H_t et de ∂_t.

En mécanique ondulatoire prérelativiste, la transition $\psi_0 \rightarrow \psi_t$ dans le temps 0, t a un sens; il résulte alors de ce qui précède que la probabilité de trouver encore à l'instant t le système dans l'état ψ_0 est

$$|(\psi_t, \psi_0)|^2 = |F_1(t=0, s=-t)|^2,$$

ce qui est l'extension au cas $H = H_t$ d'un résultat remarquable de Fock et Krylov [7], où apparaît une relation stricte entre la forme de la distribution de l'énergie et la loi de déclin d'un état; la quatrième relation d'incertitude apparaît à travers la relation $s \simeq t$ et la transformation de Fourier entre fonction caractéristique et fonction de distribution. S'appuyant sur des théorèmes d'analyse, Fock et Krylov ont montré aussi que la condition nécessaire et suffisante du déclin effectif de l'état ψ_0 est la continuité de la fonction intégrale initiale de distribution de l'énergie; ceci est visiblement en connexion étroite avec la formule de non-commutation $[\partial_t, t] = 1$.

Si, sur un intervalle de temps t_1, t_2, on veut mesurer la pseudo-énergie totale $-(h/2\pi_i)\partial_t$, il est évident que les valeurs de ψ antérieures à t_1 et postérieures à t_2 ne doivent pas figurer dans l'estimation du résultat; ceci, pour tout instant $t_1 < t < t_2$, nous amène à couper les ailes de la fonction caractéristique au dehors de l'intervalle $s_1(t) < s < s_2(t)$, $s_1 = t - t_2$, $s_2 = t - t_1$; la quatrième relation d'incertitude apparaît alors comme précédemment, sous la forme d'une altération du spectre naturel de la pseudo-énergie par la durée finie de la mesure.

Nos échanges de vues avec M. le Professeur Louis de Broglie, MM. Arnous et Van Hove, nous ont aidé à mûrir les présentes idées, qui sont loin d'épuiser le problème des rapports de la relativité et des quanta.

---

(7) *Journal of Physics*, **11**, 1947, § 4, p. 116-120.

MÉCANIQUE QUANTIQUE. — *Le calcul des perturbations en mécanique quantique.* Note (*) de M. **Marcel Mayot**, présentée par M. Gaston Julia.

On indique un procédé de formation du polynome caractéristique d'une matrice hermitienne dont plusieurs éléments sont nuls; les calculs s'effectuent par récurrence à partir de matrices plus simples; les résultats s'expriment à l'aide des polynomes de Tchébychef. Ces matrices se présentent dans les applications de la mécanique quantique aux molécules complexes.

Le calcul des perturbations des systèmes moléculaires complexes sous l'influence d'un champ magnétique (anisotropie diamagnétique) conduit au calcul et à la réduction de matrices hermitiennes d'ordre n assez élevé ([1]).

Soient A cette matrice et la forme associée

$$A(X, X) = \sum_{i,k} a_{ik}\bar{x}_i x_k.$$

Il faut calculer les valeurs propres et les composantes des fonctions propres par rapport à un système de base; dans la plupart des cas, la matrice A possède un nombre assez grand d'éléments nuls et le polynome caractéristique peut être formé explicitement.

Suivant un procédé utilisé pour des matrices réelles symétriques ([2]), on associe à chaque terme du développement

$$a_{1i}a_{2j}a_{3k}a_{4l}a_{5m}\ldots$$

un parcours $i, j, k, l, m, \ldots$ passant par les n sommets du polygone associé; le terme conjugué correspond au même parcours pris en sens inverse; un terme tel que

$$a_{12}a_{21}a_{3k}a_{4l}a_{5m}\ldots$$

est le produit d'un nombre réel $a_{12}a_{21}$, par un facteur correspondant à un parcours $k, l, m, \ldots$ sur $n-2$ sommets du polygone.

Cette représentation permet un calcul par récurrence du polygone caractéristique à partir de schémas plus simples : lignes ou polygones ; on est conduit aux polynomes de Tchebychef :

$$T_n = \frac{\sin(n+1)\theta}{\sin\theta} \qquad \text{ou} \qquad U_n = 2\cos n\theta$$

exprimés en fonction de $-s = y = 2\cos\theta$.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

([1]) F. London, *J. Phys.*, **8**, 1937, p. 397.

([2]) I. Samuel, *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 1236.

On écrira le déterminant caractéristique

$$D = D_0 + a_{ik} A_{ik} + a_{ki} A_{ki} + a_{ik} a_{ki} . A_{ik,ki}.$$

D_0 est la valeur obtenue pour D, en supposant $a_{ik} = a_{ki} = 0$; il correspond au polygone dont on aurait supprimé le côté ik en conservant les sommets i et k, $A_{ik,ki}$ est le mineur $(\partial^2 D/\partial a_{ik} \partial a_{ki})$; il correspond au même polygone dont on aurait supprimé les sommets i et k.

Les termes $a_{ik} A_{ik}$ et $a_{ki} A_{ki}$ sont conjugués; on peut écrire

$$a_{ik} = \eta_{ik} e^{i\varphi_{ik}},$$

et l'on aura

$$a_{ik} A_{ik} = \sum_p \eta_p e^{i\varphi_p} R_p (-1)^{\gamma_p + 1},$$

en considérant tous les parcours possibles sur des polygones fermés passant par le côté ik; soit p l'un de ces parcours, alors

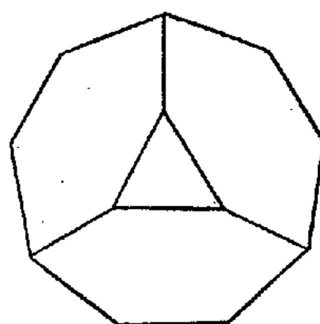
$$\eta_p = \Pi \eta_{ik}, \qquad \varphi_p = \Sigma \varphi_{ik},$$

le produit et la somme s'étendant à tous les éléments rencontrés sur le parcours; R_p est la valeur du déterminant caractéristique relatif au polygone restant après suppression du parcours p; γ_p est le nombre de sommets rencontrés sur le parcours p; en particulier si l'élément ik n'appartient à aucune ligne polygonale fermée, A_{ik} est nul.

On aurait de même

$$D = D_0 + a_{ii} A_{ii},$$

D_0 étant la valeur de D en supposant $a_{ii} = 0$, A_{ii} correspondant à un polygone dont on aurait supprimé le sommet i.



Cette façon de procéder se comprend facilement si l'on se rapporte aux formules développées de la chimie organique, elle peut être utilisée dans d'autres circonstances; des applications sont données d'autre part ([3]). Par exemple, la matrice associée au polygone ci-dessus (*figure*) aura un polynome

([3]) G. Berthier, M. Mayot et B. Pullman, *J. Phys.* (sous presse).

caractéristique qu'on écrit immédiatement en supposant $|a_{ik}| = 1$:

$$D = C_3 C_9 - 3T_2T_8 + 3T_1T_2T_5 - T_2^3 - 3A_6(T_1T_5 - T_2^2) - 3A_{6,6}T_2 + 3A_{6,3}T_5 + 3A_{6,6,3}T_1T_2$$

avec

$$C_3 = T_3 - T_1 + A_3, \qquad C_9 = T_9 - T_7 + A_{6,6,6,3},$$
$$A_{p,q,r} = 2\cos(\varphi_p + \varphi_q + \varphi_r).$$

On passe ensuite au cas général $|a_{ik}| \neq 1$. On tient compte des décompositions qui se présentent dans les cas de symétrie.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur la régularisation du problème des trois corps.* Note de M. **David Bélorizky**, présentée par M. Jean Chazy.

Sundman a démontré que, dans le problème des trois corps, les neuf coordonnées cartésiennes et le temps sont fonctions holomorphes d'une variable complexe dans une bande ayant pour milieu l'axe réel. On montre ici que ces dix fonctions ne peuvent être fonctions entières d'une variable voisine de celle de Sundman, et ont des points singuliers hors de la bande délimitée par Sundman.

1. Dans le problème des deux corps, la variable u, donnée par la relation $dt = r\,du$ ($u = 0$ pour $t = t_0$), où r est la distance entre les deux corps et t le temps, régularise complètement les intégrales générales, quelles que soient les valeurs des constantes d'intégration, c'est-à-dire que les coordonnées rectangulaires x, y, la distance et le temps sont des fonctions holomorphes dans tout le plan de la variable u. En particulier, dans le mouvement parabolique, avec un choix convenable des axes, on a :

$$(1) \qquad x = \frac{1}{2}(p - \mu u^2), \qquad y = \sqrt{p\mu}\,u;$$

$$(2) \qquad r = \frac{1}{2}(p + \mu u^2), \qquad t - t_0 = \frac{1}{2}\left(pu + \frac{\mu u^3}{3}\right),$$

où p est le paramètre, t_0 le temps de passage au périhélie; où $\mu = f(m_0 + m_1)$, f étant la constante de gravitation et m_0 et m_1 les masses respectives des deux corps : u est alors proportionnel à $\operatorname{tg} v/2$, où v est l'anomalie vraie.

2. Supposons que, dans le problème général des trois corps, on substitue au temps t la variable φ donnée par la relation $dt = r_1 r_2 r_3\, d\varphi$, où r_1, r_2, r_3 sont les distances mutuelles des trois corps. La variable φ qui généralise pour le problème des trois corps la variable u, est d'ailleurs voisine de la variable ω de Sundman, déterminée par la relation $dt = (1 - e^{-r_1/l})(1 - e^{-r_2/l})(1 - e^{-r_3/l})\, d\omega$, où l est une constante. La question se pose de savoir si φ peut régulariser les intégrales du problème des trois corps dans tout son plan.

Supposons qu'il en soit ainsi. Alors, quelles que soient les conditions initiales, les intégrales doivent être holomorphes dans tout le plan de la

variable φ. Supposons que ces conditions initiales soient telles que le mouvement se fasse d'après la solution de Lagrange, où les trois corps forment toujours un triangle équilatéral, et où chaque corps décrit par rapport à chacun des deux autres une parabole. Donc, avec un choix convenable des axes, si l'on prend la variable u, les coordonnées de deux corps dans leur mouvement par rapport au troisième s'expriment par les intégrales (1) ou leurs combinaisons linéaires, tandis que les distances mutuelles et le temps s'expriment par (2) pour la valeur $\mu = f(m_0 + m_1 + m_2)$.

Mais, si l'on prend la variable φ, on aura $dt = r^3\, d\varphi$, donc

$$r^2\, d\varphi = du \qquad (\varphi = 0,\ \text{pour } u = 0).$$

Dans ces conditions, en tenant compte de (2), on aura

$$\varphi = 4\int_0^u \frac{du}{(\mu u^2 + p)^2},$$

et il est clair que, si u tend vers ∞, φ tend vers une quantité finie, que nous appellerons R. Il résulte que, quand φ tend vers R, les coordonnées, la distance et le temps deviennent infiniment grands. Donc, les développements des coordonnées, de la distance et du temps en séries entières en φ ne convergent que dans le cercle de rayon R. Par conséquent, la variable φ ne peut pas régulariser complètement ce cas particulier du problème des trois corps. [Nous avons choisi le cas parabolique à cause de sa plus grande simplicité, mais si l'on considère le cas elliptique, le résultat est exactement le même.] Il résulte que *cette variable ne peut pas régulariser complètement le problème des trois corps*.

3. Ce mode de raisonnement fait apparaître comme presque évidente la proposition suivante : les coordonnées et les distances dans le problème général des trois corps, considérées comme fonctions du temps, sont des transcendantes non uniformes. Il suffit de remarquer que, dans le problème elliptique des deux corps, on a, avec un choix convenable des axes :

$$x = \frac{a - r}{e} - ae, \qquad y = \frac{1}{e}\sqrt{(1 - e^2)\left[a^2e^2 - (a - r)^2\right]},$$

$$n(t - t_0) = \arccos\frac{a - r}{ae} - \sqrt{e^2 - \left(\frac{a - r}{a}\right)^2},$$

où a est le demi-grand axe, e l'excentricité, n le moyen mouvement, de sorte que les coordonnées et la distance sont des fonctions transcendantes non uniformes du temps. En passant par la solution équilatérale de Lagrange, où chaque corps décrit par rapport à un autre une ellipse, on arrive à la proposition énoncée.

ASTROPHYSIQUE. — *Observation d'une atmosphère autour de la planète Mercure.* Note de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. Bernard Lyot.

Des conditions très favorables d'observation, en montagne, ont permis de mesurer la polarisation de la lumière sur de petites régions de la surface de Mercure. Cette polarisation varie, sur les taches, en sens inverse de l'albedo, comme pour la Lune; sa distribution et sa variation spectrale indiquent une faible atmosphère dont la pression au sol serait 1^{mm} de mercure.

Historique. — L'atmosphère de la planète Mercure a été recherchée d'abord, avec le télescope, pendant les passages de la planète devant le disque solaire; une auréole claire a été observée (1), elle s'explique par un effet de contraste subjectif; une arche lumineuse produite autour du disque, par réfraction, au moment du contact, ne serait décelable qu'avec une atmosphère épaisse (2). En 1937, avec le coronographe, B. Lyot a recherché une telle arche sur le fond de la couronne solaire; le résultat, négatif, indiquait une atmosphère inférieure au tiers de celle de la Terre (3).

En 1929, avec le polarimètre, B. Lyot a comparé les courbes de polarisation très semblables de Mercure et de la Lune et conclu que l'atmosphère ne pouvait dépasser les 21 °/₀₀ de celle de la Terre (4).

Avec le spectroscope, les premiers résultats obtenus furent perturbés par les raies telluriques. Adams et Dunham (5), Slipher (6), dans le rouge, et Kuiper (7) dans l'infrarouge, ne purent ensuite déceler aucune bande particulière.

Cependant, Denning (8), Schiaparelli (9), Fournier (10), Antoniadi (11), ont aperçu, sur la surface du disque, des voiles blafards qu'une très faible atmosphère suffirait à supporter.

J'ai cherché à confirmer l'existence de celle-ci.

Méthode. — Elle consiste à mesurer la proportion de lumière polarisée au centre du disque ($\theta = 0$), *puis près des cornes du croissant* ($\theta = 60°$), *successivement en vert* ($\lambda = 0^{\mu},54$) *et en rouge* ($\lambda = 0^{\mu},66$).

Soient $B_s\varphi(V)$ et $P_s(V)$ la brillance et la polarisation du sol, pour la

---

(1) *Voir* Antoniadi, *La planète Mercure*, Paris, 1934, p. 16.

(2) Antoniadi, *Ibid.*, p. 53; André, *Les planètes et leur origine*, Paris, 1909, p. 17.

(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 895.

(4) Lyot *Thèse de Doctorat*, Paris, 1929, p. 143 (*Ann. Obs. Meudon*, 8).

(5) *P. A. S. P.*, 44, 1932, p. 380.

(6) *Observatory*, 56, 1933, p. 247.

(7) *The Atmosphere of the Earth and Planets*, Chicago, 1949, p. 328.

(8) *Astron. Nachr.*, n° 2479, 1882.

(9) *Astron. Nachr.*, n° 2944, 1889.

(10) *Observation des surfaces planétaires*, 7, p. 273.

(11) *La planète Mercure*, p. 54; *L'Astronomie*, 1935, p. 449.

phase V. $(B_a/2)(\lambda_0/\lambda)^4[(1+\cos^2 V)/(\cos\theta)]$ et $[(\sin^2 V)/(1+\cos^2 V)]$ celles de l'atmosphère, à la distance θ du centre du disque. On observera la polarisation résultante

$$P(V, \lambda, \theta) = P_s(V) + \frac{B_a}{B_s}\frac{\sin^2 V}{\varphi(V)}\left(\frac{\lambda_0}{\lambda}\right)^4\frac{1}{2\cos\theta}.$$

Une atmosphère de même pouvoir diffusant que la nôtre, mais 200 fois moins épaisse produirait, au quartier ($V = 90°$), compte tenu des propriétés photométriques du sol, une différence de polarisation entre les cornes et le centre du disque qui atteindrait 11 °/₀₀ en vert et 5°/₀₀ en rouge, tandis que la différence entre les polarisations en vert et en rouge serait 5 °/₀₀ au centre et 11 °/₀₀ aux cornes. Cette atmosphère serait facilement décelable.

Mesures. — J'ai effectué les mesures à 1 °/₀₀ près, avec le polarimètre visuel de Lyot ([12]). Pour étudier de petites régions sur la surface de la planète, il faut bénéficier à la fois d'un grand pouvoir séparateur, de très bonnes images et d'un ciel dépourvu de poussières. Ces trois conditions sont souvent réalisées simultanément au Pic du Midi, avec la lunette de 60^{cm}, grâce à l'altitude de cette station.

En observant de jour, il faut supprimer le fond lumineux très intense que produit la lumière solaire réfléchie et diffusée par les faces de l'objectif, en maintenant celui-ci à l'ombre d'un parasoleil porté par un long bras fixé à la coupole. On peut diminuer les remous d'air produits dans le tube de la lunette par échauffement, en peignant celui-ci en blanc. Il faut encore compenser la polarisation du fond lumineux du ciel; à cet effet, M. Lyot m'a suggéré de placer derrière l'oculaire polariscopique, au niveau de la pupille, un prisme biréfringent qui dédouble l'image presque parallèlement aux franges de Savart; ces franges, complémentaires sur les deux images de la planète, s'imbriquent et se détruisent sur le fond lumineux. J'ai dû, en outre, corriger la polarisation instrumentale, sélective, produite par la réflexion de la lumière sur les miroirs aluminisés de la lunette.

J'ai pu obtenir, au Pic du Midi, 16 fois, des mesures de polarisation locales, entre les phases 22° et 132°. En octobre 1950, à deux reprises, les images furent même *absolument parfaites* avec le grossissement de 900 ; elles se projetaient, de plus, sur un fond bien sombre. Les circonstances furent donc particulièrement favorables.

Résultats. — 1° *Au voisinage des quartiers, la polarisation est beaucoup plus forte sur les taches sombres que pour les régions claires.* Cette propriété, qui s'observe également sur la Lune, confirme encore l'analogie entre les structures des sols de ces deux astres.

2° Une faible différence apparaît entre les polarisations en vert et en rouge;

([12]) *Thèse*, p. 12.

elle semble varier comme $\sin^2 V/\varphi(V)$, atteint au quartier 9 ‰ près des cornes et 4 ‰ au centre du disque. Une légère différence apparaît entre les polarisations moyennes au centre et aux cornes, elle atteint 6 ‰ en vert et 2,5 ‰ en rouge. La précision est limitée à 3‰ par la présence des taches sur la planète. Si l'on admet que le sol de Mercure possède des propriétés polarisantes analogues à celles du sol lunaire, c'est-à-dire ni sélectives, ni variables avec l'inclinaison de la surface, *il faut attribuer ces différences de polarisation à une faible atmosphère dont l'épaisseur serait, à composition égale, environ 3 millièmes de celle de la nôtre*. La pression au sol serait voisine du millimètre de mercure. Cette atmosphère, cependant, ne se manifeste que faiblement; je me propose de la confirmer par une méthode beaucoup plus sensible lorsque je disposerai d'un instrument approprié.

ASTROPHYSIQUE. — *Température électronique des nébuleuses gazeuses N. G. C. 7027, N. G. C. 6572, N. G. C. 7662, N. G. C. 7009 et Orion.* Note de M. **Henri Andrillat**, présentée par M. André Danjon.

Si I_1, I_2, I_3 désignent respectivement les intensités des raies de [OIII], de longueur d'onde 5007 Å, 4959 Å, 4363 Å, la température électronique de la nébuleuse gazeuse se rattache simplement au rapport $(I_1 + I_2)/I_3$ par une fonction de la forme

$$\frac{I_1 + I_2}{I_3} = a + b\,e^{\frac{c}{T}}$$

comme il résulte des travaux de Menzel, Aller et Hebb [1] qui ont déterminé les valeurs des constantes a, b, c.

J'ai cherché à déterminer ainsi la température électronique des nébuleuses N. G. C. 7027, 7662, 6572, 7009 et Orion, en mesurant le rapport $(I_1 + I_2)/I_3$ par photométrie photographique. Ce rapport étant de l'ordre de 50 ou 100, les raies 5007 et 4959 Å sont surexposées quand la raie 4363 se situe dans la région de contraste de la plaque. Pour obvier à cette difficulté, j'ai pris successivement sur la même plaque et avec le même temps de pose, deux ou trois spectres de la nébuleuse en diaphragmant chaque fois le prisme du spectrographe avec un diaphragme différent. Chaque cliché comporte en outre : un étalonnage par la méthode du photomètre à pénombre [2] et le spectre d'une étoile, voisine de la nébuleuse, et dont la fonction $\varphi(T)$ est connue. L'étalonnage et le spectre stellaire ont été photographiés sur la même plaque et avec le

(1) *Astrophys. J.*, 93, 1941, p. 230.

(2) Soleillet et Martelly, *J. Phys. Rad.*, 8e série, 2, 1941, p. 109; Barbier, *Ann. Astrophys.*, 7, 1944, p. 80.

même temps de pose que le spectre nébulaire. Dans les conditions les plus défavorables d'observation, les spectres nébulaires et stellaire ont été encadrés par deux spectres de l'étoile de comparaison, afin de corriger éventuellement l'effet d'absorption atmosphérique. Enfin j'ai effectué un étalonnage indépendant des diaphragmes. Tous les spectres ont été pris au spectrographe à un prisme monté sur le télescope de 120^{cm} de l'observatoire de Haute-Provence. J'utilisais les plaques Kodak 103*a*G et des temps de pose de 1/2 ou 1 heure suivant la nébuleuse.

Des intensités photographiques que fournissent les raies d'étalonnage, on accède aux intensités énergétiques en utilisant le spectre de l'étoile de comparaison. Celui-ci fournit en effet la courbe d'énergie photographique de l'étoile, tandis que sa courbe d'énergie théorique est celle du corps noir à la température T, déduite de la fonction φ connue. Mais dans le cas particulier des intensités I_1, I_2, I_3, il est possible de corriger les mesures photographiques sans utiliser le spectre de l'étoile, à cause de la proximité, dans le spectre nébulaire, de la raie H_β avec les raies 4959 et 5007 Å d'une part, et de la raie H_γ avec la raie 4363 Å d'autre part. Le rapport H_β/H_γ est connu théoriquement comme il résulte des travaux de Baker et Menzel sur le décrément de Balmer ([3]). Sa valeur est comprise entre 1,7 et 2. La comparaison entre ce rapport théorique et celui des intensités photographiques de ces deux raies de l'hydrogène fournit le facteur de correction à appliquer au rapport $(I_1+I_2)/I_3$ mesuré pour obtenir le rapport des intensités énergétiques. J'ai appliqué à chaque détermination les deux méthodes, mais celle des raies de l'hydrogène semble fournir de bien meilleurs résultats que celle de l'étoile de comparaison qui introduit une erreur certaine. Cette erreur peut en partie être attribuée à l'erreur de détermination de la fonction $\varphi(T)$; mais elle est due surtout au fait que, dans la région spectrale considérée, la courbe d'énergie théorique est une fonction décroissante de λ, tandis que la courbe d'énergie photographique est une fonction croissante de λ. Ces deux courbes s'écartant l'une de l'autre lorsque λ croît, la correction apportée à la région spectrale 4959-5007 Å est trop accentuée; il en résulte une estimation trop faible du rapport $(I_1+I_2)/I_3$ et une température trop élevée.

Dans la pratique des mesures, j'ai constaté que l'étalonnage particulier des diaphragmes fournissait des valeurs très peu différentes de celles déduites du rapport de leurs surfaces. J'ai toujours utilisé ces dernières valeurs. La correction de sensibilité spectrale peut être négligée entre la raie H_β et les raies 5007 et 4959 Å dans le cas des plaques 103*a*G. Enfin j'ai comparé chaque fois la mesure du rapport I_1/I_2 à sa valeur théorique 2,82, et j'ai toujours utilisé cette dernière dans le résultat final.

([3]) *Astrophys. J.*, 88, 1938, p. 52.

Les résultats sont les suivants :

N. G. C. 7027.	N. G. C. 6572.	N. G. C. 7662.	N. G. C. 7009.	Orion.
23000°	20000°	16000°	12000°	9000°

Seule, la température de N. G. C. 6572, nébuleuse à faible excitation, semble assez aberrante; mais, plus que par la valeur même de ses résultats, que préciseront des recherches ultérieures, cette méthode présente l'intérêt d'étaler largement l'éventail des températures, suivant l'excitation croissante de la nébuleuse. A ce point de vue, on comparera ces résultats avec ceux que Menzel, Aller et Hebb ont déduits d'estimations antérieures d'intensité ([1]). Pour de nombreuses nébuleuses gazeuses, dont celles étudiées ci-dessus, leurs résultats se groupent tous autour de la même température, soit 9500-10000°. L'échelonnement des températures suivant l'excitation croissante de la nébuleuse est plus conforme aux prévisions théoriques.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la production des mésons* Π *dans les collisions nucléon-nucléon* (*théorie pseudo-scalaire*). Note de M. **Jacques Prentki**, présentée par M. Louis de Broglie.

La section efficace de production de mésons Π dans les chocs nucléon-nucléon est calculée en utilisant les nouvelles techniques introduites surtout par Feynmann ([1]), L'approximation N. R. pour les nucléons conduit à des résultats très instructifs, bien que le domaine le plus intéressant, celui des expériences de Berkeley ([2]), se situe juste aux limites de son applicabilité.

Les nouvelles techniques de calcul permettent de traiter le problème d'une manière satisfaisante du point de vue relativiste. Bien que nous traitions plus en détail l'approximation N. R. pour les nucléons, il vaut mieux déduire et discuter ce cas d'une formule exacte, car une théorie N. R., dès le début, risque de conduire à des résultats douteux, comme par exemple dans le cas du potentiel d'interactions entre deux nucléons.

Dans cette Note nous étudions la section efficace de création des mésons Π chargés et neutres dans une théorie pseudo-scalaire, couplage pseudo-scalaire. Le choix d'une telle théorie est dicté par des arguments aussi bien expérimentaux que théoriques ([3]). Nous tenons compte des termes d'échange de Pauli. Nous avons considéré les processus suivants :

$$(A)\qquad N(P)+N(P)\rightarrow N(P)+P(N)+\Pi^{-(+)},$$
$$(B)\qquad P(N)+N(P)\rightarrow P(N)+P(N)+\Pi^{-(+)},$$
$$(C)\qquad N(P)+N(P)\rightarrow N(P)+N(P)+\Pi^{0}.$$
$$(D)\qquad P+N\rightarrow P+N+\Pi^{0}.$$

([1]) *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 749 et 769.

([2]) Groupe de Berkeley, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 588; 78, 1950, p. 12, 85, 86, 90, 407, 496, 720, 823.

([3]) Pour une discussion *voir* par exemple : P. Benoist-Gueutal, J. Prentki et J. Ratier, *J. Phys.*, 11, 1950, p. 553.

Utilisant les diagrammes de Feynman nous avons calculé les éléments de matrice de la matrice S, dont le carré du module, après sommation sur les spins est, dans le cas (A), par exemple :

$$
\begin{aligned}
< \mathrm{A} > |^2 = & \frac{1}{p_{01}p_{02}p_{03}p_{04}} \frac{1}{(2\pi)^3 q_0} \\
& \times \Big[8f^6 \Big\{ \mathrm{P}_{2413}\mathrm{Q}^2_{241} + \mathrm{P}_{1423}\mathrm{Q}^2_{142} + \frac{1}{2}(\mathrm{P}_{1234} - \mathrm{P}_{2413} - \mathrm{P}_{1423})\mathrm{Q}_{241}\mathrm{Q}_{142} \Big\} \\
& \quad + 2f_0^4 f^2 \Big\{ \mathrm{P}_{1324}(\mathrm{Q}'_{134} + \mathrm{Q}_{132})^2 + \mathrm{P}_{2314}(\mathrm{Q}'_{234} + \mathrm{Q}_{231})^2 \\
& \qquad + \frac{1}{2}(\mathrm{P}_{1234} - \mathrm{P}_{1342} - \mathrm{P}_{2314})(\mathrm{Q}'_{134} + \mathrm{Q}_{132})(\mathrm{Q}'_{234} + \mathrm{Q}_{231}) \Big\} \\
& \quad - 2f_0^2 f^4 \Big\{ (\mathrm{P}_{3412} - \mathrm{P}_{2413} - \mathrm{P}_{2314})\mathrm{Q}_{241}(\mathrm{Q}'_{243} + \mathrm{Q}_{231}) \\
& \qquad + (\mathrm{P}_{3412} - \mathrm{P}_{1423} - \mathrm{P}_{1324})\mathrm{Q}_{142}(\mathrm{Q}'_{134} + \mathrm{Q}_{132}) \Big\} \Big]
\end{aligned}
$$

où

$$
\mathrm{Q}_{ijk} = \{[(p_i - p_j)^2 - \mu^2][(p_k - q)^2 - \mathrm{M}^2]\}^{-1}, \qquad \mathrm{Q}'_{ijk} = \{[(p_i - p_j)^2 - \mu^2][(p_k + q)^2 - \mathrm{M}^2]\}^{-1},
$$

$$
\mathrm{P}_{ijkl} = [(p_i p_j) - \mathrm{M}^2][2(p_k q)(p_l q) - \mu^2\{(p_k p_l) - \mathrm{M}^2\}];
$$

$| < \mathrm{B} > |^2$ s'obtient de $| < \mathrm{A} > |^2$ par les substitutions $p_1 \leftrightarrow - p_3$ et $p_2 \leftrightarrow - p_4$ p_1, p_2, p_3, p_4, q représentent les quadrivecteurs énergie-moment des nucléons incidents et diffusés et du méson créé respectivement. f et f_0 sont les constantes d'interaction des mésons chargés et neutres. Le formalisme utilisé permet de traiter simultanément les théories symétriques ($f = f_0$), chargée ($f_0 = 0$) et neutre ($f = 0$). A l'aide de la formule de Möller on déduit la section différentielle de création d'un méson II de moment $\vec{q}$, un des nucléons étant diffusé dans l'angle solide $d\Omega$. Cette formule ne s'intègre pas élémentairement. L'approximation N. R. $(\vec{p}_i^2 \ll \mathrm{M}^2)$ conduit à des sections efficaces de production de méson, dans une direction donnée, avec une énergie q_0, qui dans le système C. M. sont :

$$
\begin{aligned}
d\mathrm{Q}_\mathrm{T} = & \frac{1}{2} f^6 \frac{|\vec{p}_4|}{|\vec{p}_1|} \frac{1}{\mathrm{M}^2} |\vec{q}| \Big\{ \Big(2 + \xi_\mathrm{T} \frac{\mathrm{M} q_0}{[\vec{p}_1^2 + \vec{p}_4^2 + \mu^2]} \Big) \frac{1}{|\vec{p}_1||\vec{p}_4|} \\
& \times \operatorname{tg} h^{-1} \Big[\frac{2|\vec{p}_1||\vec{p}_4|}{\vec{p}_1^2 + \vec{p}_4^2 + \mu^2} \Big] - \frac{\mu^2}{[(\vec{p}_1^2 + \vec{p}_4^2 + \mu^2)^2 - 4\vec{p}_1^2\vec{p}_4^2]} \Big\} d\Omega_q \, dq_0.
\end{aligned}
$$

$\xi_\mathrm{T} = 1, -1, 0$ pour $\mathrm{T} = (\mathrm{A}), (\mathrm{B}), (\mathrm{C})$, respectivement.

$\vec{p}_4^2 = \vec{p}_1^2 - \mathrm{M} q_0$; de plus on trouve $d\mathrm{Q}_\mathrm{D} = (1/2)\, d\mathrm{Q}_\mathrm{C}$.

La discussion de ces formules conduit aux conclusions suivantes :

1° Les distributions angulaires dans le système C. M. sont isotropes.

2° Les sections efficaces dépendent de la charge totale e. Elles sont plus grandes dans les cas où $e = 0,2$, donc pour des collisions entre nucléons de

même nature. En particulier $dQ_A > dQ_B$. Les sections efficaces de création de mésons chargés et neutres sont du même ordre. On en déduit, que dans le cas de production de mésons par des protons sur une cible de carbone, en négligeant l'effet de liaison des nucléons dans les noyaux, les rapports des mésons Π^+, Π^-, Π^0 produits devraient être de l'ordre 2 : 1 : 1,5. Le rapport 2 : 1 est plus petit que le rapport observé ≈ 4; (2). Il est donc nécessaire de tenir compte de l'effet de liaison et du principe d'exclusion jouant sur le système final et envisager par exemple, comme l'a proposé Serpe (4) dans le cas de la photoproduction des mésons, un gaz de Fermi pour le noyau.

3° En approximation N. R. dans une théorie pseudo-scalaire pour une émission d'un méson chargé, les sections efficaces sont indépendantes de la nature chargée ou symétrique des forces nucléaires. La contribution des mésons neutres est faible. Si donc les forces nucléaires étaient dues uniquement à l'échange de tels mésons, la section efficace de production de Π chargés serait faible contrairement à l'expérience. Ceci indique qu'une théorie purement neutre des forces nucléaires (avec τ_3), telle que le proposait Bethe, dans le cas Ps. sc. (Ps. sc.) est impossible.

4° D'une façon analogue pour l'émission d'un méson neutre la contribution des mésons chargés est faible. On en déduit qu'une théorie chargée des F. N. est en contradiction avec l'expérience.

5° Il semble donc que pour expliquer l'ensemble des phénomènes on doit envisager une théorie des F. N. faisant intervenir des mésons chargés et neutres. La théorie symétrique est toute indiquée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la formule de dispersion.*
Note de M. **Jean Humblet**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons le problème de la dispersion des neutrons par les noyaux atomiques légers. Dans le système de référence du centre de gravité, la partie radiale de la fonction d'onde $\varphi(r, k)/r$ vérifie l'équation de Schrödinger

$$\varphi'' + [k^2 - v(r)]\varphi = 0, \tag{1}$$

$$\varphi(0, k) = 0; \tag{2}$$

k^2 est proportionnel à l'énergie du système neutron + noyau; $v(r)$ est proportionnel au potentiel supposé central, à variation bornée dans l'intervalle $(0, r_0)$, et identiquement nul pour $r > r_0$ ($r_0 \approx$ rayon nucléaire). En normalisant φ par une condition du type $\varphi'(0, k) = 1$, l'équation (1) et la condition (2) définissent complètement, pour toute valeur de r, une fonction entière dans le plan de la variable complexe $k = \alpha + i\beta$.

---

(4) J. Serpe (à paraître); *voir* aussi G. F. Chew et J.-L. Steinberger, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 86.

Il est facile de vérifier que les valeurs de k (s'il y en a) satisfaisant à l'équation

$$\varphi'(r_0, k) - ik\varphi(r_0, k) = 0 \tag{3}$$

dans le demi-plan $\beta \geq 0$, sont nécessairement du type $k_n = 0 + i\beta_n$; elles correspondent aux niveaux *réels* du système neutron + noyau. D'autre part, nous avons établi que dans le demi-plan $\beta < 0$, il y a *toujours* une infinité de racines pour (3); nous dirons avec Siegert ([1]) qu'elles correspondent aux niveaux *virtuels* du système neutron + noyau. Siegert a établi que si $k_n = \alpha_n + i\beta_n$ est une racine telle que $|\alpha_n| \gg -\beta_n > 0$, la section efficace de diffusion élastique ($k^2 > 0$)

$$\sigma = \frac{4\pi}{k^2}\left|\frac{S}{I}\right|^2 = \frac{4\pi}{k^2}\left| -\frac{\sin kr_0 . \varphi'(r_0, k) - k\cos kr_0 . \varphi(r_0, k)}{e^{ikr_0}[\varphi'(r_0, k) - ik\varphi(r_0, k)]}\right|^2 \tag{4}$$

possède un maximum prononcé pour $k^2 = \alpha_n^2 - \beta_n^2 (\approx \alpha_n^2)$. Il y a d'ailleurs lieu d'observer que $\varphi(r, k)$ étant une fonction paire de k, si $k_n = \alpha_n + i\beta_n$ est solution de (3), il en est de même de $-k_n^* = -\alpha_n + i\beta_n$.

Nous avons cherché à établir un développement de (4) qui ne soit pas valable uniquement au voisinage des niveaux virtuels étroits considérés par Siegert, mais bien lorsque l'énergie cinétique du neutron varie d'une manière continue dans un domaine très grand. Des considérations assez longues dont le détail sera publié ultérieurement permettent d'affirmer que le développement suivant est uniformément convergent pour toute valeur de k distincte des solutions de (3) désignées par k_1, $-k_1^*$, k_2, $-k_2^*$, ..., donc en particulier pour toute valeur réelle de k ([2])

$$\frac{1}{k}\frac{S}{I} = -\frac{1}{k}\sin kr_0\, e^{-ikr_0} + e^{-2ikr_0}\frac{\varphi(r_0, 0)}{\varphi'(r_0, 0)}\left(1 + ik\frac{\varphi(r_0, 0)}{\varphi'(r_0, 0)}\right) - e^{-2ikr_0}k^2\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{R_n}{k - k_n} + \frac{R_n^*}{k + k_n^*}\right), \tag{5}$$

où

$$R_n = \frac{[k_n^{-1}\varphi(r_0, k_n)]^2}{2k_n\int_0^{r_0}[\varphi(r, k_n)]^2\,dr + i[\varphi(r_0, k_n)]^2}.$$

Si toutefois pour certaines valeurs de n on a $k_n = -k_n^*$, c'est-à-dire si k_n est situé sur l'axe imaginaire, les deux termes $R_n/(k - k_n)$ et $R_n^*/(k + k_n^*)$ sont identiques, et l'un d'eux seulement doit figurer dans la somme sur n de (5); le nombre de termes de ce type est toujours fini.

([1]) *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 750.

([2]) Nous avons supposé $0 < |k_1| \leq |k_2| \leq \ldots$ et $\varphi(r_0) \neq 0$. Avec la justification de (5), nous montrerons également comment il est possible de modifier ce développement pour le rendre indépendant de l'hypothèse $\varphi(r_0) \neq 0$.

PYROTECHNIE. — *La perte par les parois dans les tirs à la bombe.* Note (*) de MM. **Henri Muraour** et **Gabriel Aunis**, transmise par M. Albert Michel-Lévy.

Étude de la correction de refroidissement qu'il faut apporter aux pressions explosives (bombe de 150^{cm^3}; $\Delta = 0,2$; poudres colloïdales tubulaires de différentes épaisseurs et de différentes températures d'explosion) pour obtenir les pressions absolues. Comparaison avec les résultats obtenus par Pekkarinen en Finlande. L'accord est très satisfaisant.

Pour comparer les pressions théoriques aux pressions expérimentales il est nécessaire de corriger ces dernières de la perte par les parois de la bombe. Nous avons depuis longtemps entrepris cette étude ([1]); elle nous a conduits à la conclusion qu'il existe un accord satisfaisant entre les pressions calculées et les pressions expérimentales corrigées de l'influence du refroidissement ([2]). Dernièrement Pekkarinen a exécuté une importante série d'expériences dans une bombe Krupp, bombe pour laquelle le rapport S/V (surface de refroidissement/volume de la bombe) est particulièrement faible (0,5 au lieu de 1,44 pour la bombe de 150^{cm^3} que nous avons utilisée) ([3]); Pekkarinen a exécuté une série de tirs à la densité de chargement de 0,2 avec une poudre dont la composition était la suivante : nitrocellulose à 11,8 % d'azote : 55,0; nitroglycérine : 36,0; diéthyldiphénylurée : 2,8; akardite : 1,0; alcool amylique : 4,8; acide stéarique : 0,4; température d'explosion 2860° K. Cette poudre était étirée en tubes dont l'épaisseur a varié de 0,43 à $15^{mm},75$.

Pour déterminer la perte par les parois Pekkarinen a porté en abscisse l'épaisseur de la poudre et en ordonnée la pression expérimentale; il a ensuite extrapolé pour l'épaisseur zéro, méthode que l'on peut appliquer ici sans erreur notable car, en raison de la faible valeur du rapport S/V pour la bombe Krupp, la perte par les parois, pour la poudre la plus mince, n'est que d'environ 30 kg/cm² (pression maximum de 2653 kg/cm², pression corrigée en accord avec la pression théorique). Pour pouvoir comparer les résultats de Pekkarinen avec les résultats de nos propres expériences, nous avons porté sur le graphique ci-joint (courbe I) en abscisse le K_1 exprimé en kg/cm².sec. (Le K_1 est inversement proportionnel à la vivacité de la poudre) et en ordonnée la perte de

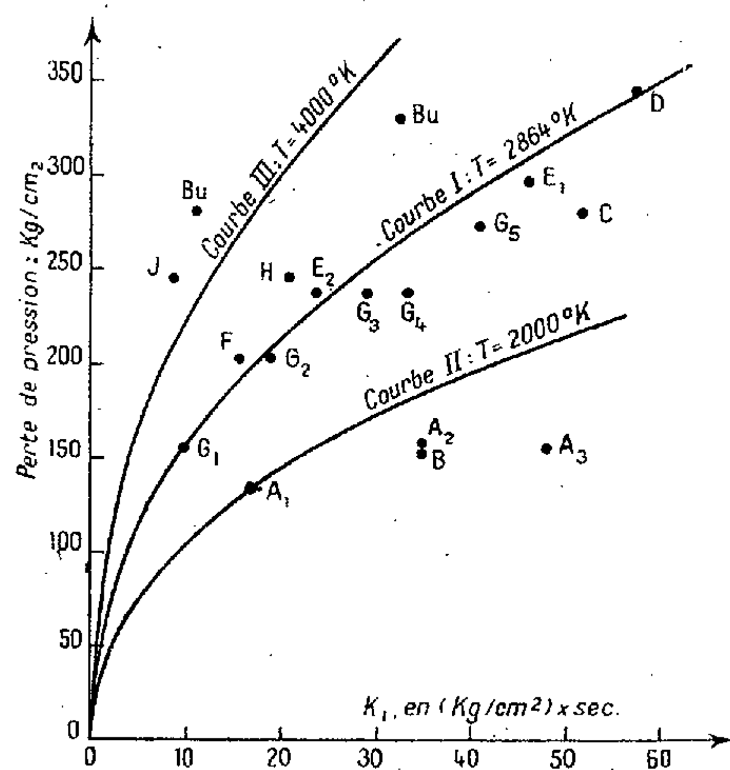
(*) Séance du 6 décembre 1950.

([1]) *Mémorial des Poudres*, **20**, 1923, p. 323; *Chaleur et Industrie*, **31**, 1939; *Mémorial de l'Artillerie française*, **3**, 1924; p. 339; **17**, 1938, p. 835; **18**, 1939, p. 13; *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2056.

([2]) *Mémorial de l'Artillerie française*, **22**, 1948, p. 133; *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1588.

([3]) Pekkarinen, *Thèse*, Helsinski, 1947; *Commentationes physicomathematicæ*, **13**, n° **10**.

pression enregistrée par Pekkarinen, multipliée par le rapport 1,44/0,5 (rapport des valeurs de S/V pour les deux bombes). Admettant ensuite que, pour une même valeur de K_1, la perte par les parois est proportionnelle à la différence de température entre les produits de l'explosion et la paroi, nous avons tracé



la courbe II pour $T = 2000°K$ et la courbe III pour $T = 4000°K$. Utilisant alors les résultats de nos expériences ([4]), nous avons porté sur le graphique nos points expérimentaux, marqués de A à J; l'ordonnée de chaque point est la différence entre la pression théorique et la pression expérimentale déterminée par des tirs à $\Delta = 0,2$ dans la bombe de 150^{cm^3} avec des poudres tubulaires séchées de différentes compositions et de différentes épaisseurs.

Nous avons également porté deux points provenant des expériences de Burlot ([5]), exécutées avec des balistites à 50 % de nitroglycérine, en lamelles, tirées à $\Delta = 0,18$. Sur le graphique les lettres indiquent la température d'explosion de la poudre : A, 2030° K; B, 2090° K; C, 2560° K; D, 2580° K; E, 2600° K; F, 2830° K; G, 2980° K; H, 3000° K; J, 4100° K. La poudre utilisée par Burlot (Bu) avait une température d'explosion d'environ 4000° K. Les points expérimentaux indiqués par une même lettre (exemple : A_1, A_2, A_3) se rapportent à des poudres fabriquées avec une même pâte étirée sous des épaisseurs différentes. On remarquera que les points expérimentaux se placent remarquablement près des courbes calculées. Un décalage un peu notable (50 kg/cm²) n'existe que pour la poudre A_3, poudre froide de forte épaisseur;

([4]) *Mémorial de l'Artillerie française*, 20, 1946, p. 424. Les pressions ont été mesurées avec des crushers en utilisant la table P. Sevran, 31 (Burlot); les pressions maximum expérimentales ont varié de 2020 kg/cm² pour les poudres froides à 2760 kg/cm² pour les poudres chaudes.

([5]) *Mémorial des Poudres*, 21, 1924, p. 411.

la perte un peu faible a peut-être pour cause une réaction exothermique, telle que la formation de méthane.

Le graphique ne peut être utilisé que si les tirs sont exécutés avec des poudres tubulaires; les poudres en lamelles ou en brins cylindriques donnent comme nous l'avons autrefois montré, et probablement par suite d'une diminution de la turbulence des gaz, des pertes notablement plus faibles.

PYROTECHNIE. — *Influence de la pression ambiante sur les effets des charges creuses et la combustion des poudres.* Note de MM. **James Basset** et **Jacques Basset**, présentée par M. Maurice de Broglie.

La disparition des effets d'une charge creuse, tournant autour de son axe, s'explique principalement par l'action de la pression créée par la force centrifuge dans l'explosif;

Les effets d'accélération ont des conséquences identiques. La vitesse de combustion d'une poudre en fonction de la pression peut être représentée par une fonction linéaire de la forme $V = a + bP$ pour un domaine d'autant plus étendu que les équations de décomposition et leurs équilibres restent sans changement ou se modifient linéairement.

1° *Action de la pression sur les charges creuses.* — Quand on fait porter une charge creuse par un projectile tiré dans une arme lui communiquant un rapide mouvement de giration, on constate que les effets destructeurs de la charge diminuent rapidement avec la vitesse de rotation, ce qui conduit à tirer les charges creuses dans des armes lisses, au détriment de la précision.

La raison de cette disparition des effets s'explique principalement si l'on se reporte à la découverte faite par l'un de nous en collaboration avec M. Muraour [1]; que la détonation d'un explosif est fortement influencée par la pression du milieu ambiant. Une pression de 25 kg/cm² est déjà suffisante pour qu'une charge d'azoture de plomb ne produise qu'une expansion au centre d'un bloc de paraffine, sans le briser, alors qu'à la pression atmosphérique le bloc est complètement pulvérisé par la même charge placée dans les mêmes conditions.

La pression ambiante a une action profonde et générale sur le mode de décomposition détonant des explosifs, or une charge creuse, placée dans un projectile tournant à grande vitesse, est soumise à l'action d'une force centrifuge qui produit dans les divers points de sa masse une pression assimilable à une pression ambiante, et, dans ces conditions, les effets du régime détonant de décomposition de la charge creuse sont profondément affectés, et ces effets disparaissent rapidement.

---

[1] H. Muraour et J. Basset, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 809; J. Basset et H. Muraour, *Chim. et Indust.*, n° 3 *bis*, 45, 1941, p. 218.

D'autres effets peuvent également s'ajouter à celui-ci, mais l'action de la pression développée par la force centrifuge est une des raisons principale des effets constatés.

On doit également, et pour la même raison, tenir compte de l'accélération d'une charge creuse à l'instant où sa détonation est amorcée, par exemple lors de l'arrivée au but du projectile portant la charge, une accélération positive ou négative ayant les mêmes effets, sur la masse de l'explosif.

2° *Action de la pression sur la vitesse de combustion des poudres.* — L'expérience montre qu'une loi exprimant la vitesse de combustion d'une poudre en fonction de la pression de la forme : $V = a + bP$ exprime une loi idéale qui peut représenter le phénomène dans des domaines pratiquement plus ou moins étendus de pression.

Dans une Note précédente (²) nous avons publié une partie des résultats expérimentaux constatés dans nos expériences. Ces résultats faisant ressortir, dans les conditions expérimentales précisées, une convexité dans certaines régions des graphiques représentant la vitesse de combustion.

Pour certaines poudres colloïdales la convexité est faible, l'influence du vernis protégeant la surface pouvant intervenir; mais pour certaines poudres, l'existence de cette convexité n'est pas douteuse [poudre n° 1 de la Note (²)].

H. Muraour et Jean Fauveau ont publié une Note (³) qui montre qu'une loi linéaire dont les coefficients a et b sont calculés de telle façon que la ligne passe le mieux possible par l'ensemble des points expérimentaux, donne des écarts considérables aux hautes et basses pressions avec les vitesses expérimentales. Cette Note met en doute l'existence des anomalies constatées.

Nous devons préciser les conclusions que nous pouvons tirer de l'étude que nous avons faite de la loi de la vitesse de combustion des poudres.

Pour les poudres colloïdales, à très faibles anomalies, la loi ne peut être établie qu'au prix de très nombreux tirs effectués avec des brins en provenance d'une masse parfaitement homogène, pour éviter la dispersion; de divers diamètres et protégés de vernis variés pour éliminer leurs effets éventuels avec analyse des gaz de la combustion pour contrôler l'équation de décomposition. C'est le programme que nous avons laissé en cours à Sevran.

Des résultats que nous avons obtenus on peut dégager les principes généraux suivants :

La loi de la vitesse de combustion des poudres en fonction de la pression ne peut être rigoureusement représentée par une fonction linéaire.

Pratiquement, une fonction linéaire peut représenter cette loi dans un domaine de pression d'autant plus étendu que la composition de la poudre est plus simple (en particulier pour les poudres colloïdales).

(²) JACQUES et JAMES BASSET, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 649.

(³) H. MURAOUR et J. FAUVEAU, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1043.

Plus la composition de la poudre est complexe, et plus la loi présente d'anomalies et s'écarte d'une ligne droite caractérisant la combustion d'une poudre idéale aux basses et moyennes pressions. Une ou plusieurs fonctions linéaires représentent d'autant mieux le phénomène, et dans un domaine d'autant plus étendu, que les équations chimiques de décomposition et leurs équilibres restent identiques, ou varient linéairement avec la pression dans le domaine considéré.

On constate que ces conditions se réalisent pratiquement dans le domaine des pressions au delà de 1000 Kg/cm^2, et au moins jusqu'à 10 000 Kg/cm^2, et ceci pour toutes les poudres non colloïdales, comme la poudre 6 ([2]), ou colloïdale à 17 % de centralite dont les vitesses présentent des anomalies considérables aux basses et moyennes pressions.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur les différents régimes de* décharge *électrique dans les gaz.* Note de M. **Michel Bayet**, présentée par M. Jean Cabannes.

On connaît l'allure des courbes dites *de Paschen* en courant continu, donnant le potentiel explosif $V = Ed$, en fonction du produit pd ou du quotient d/l dans un gaz à la pression p, où le libre parcours moyen des électrons est l, entre deux électrodes distantes de d^{cm}. On peut dire qu'il faut tant de volts pour tant de libres parcours, mais la relation ne devient linéaire que pour des valeurs assez grandes de d/l, de l'ordre du double de celles qui correspondent au minimum, et qui sont de 25 environ pour N_2, O_2, H_2; de 50 pour les gaz rares (He, Ne, A). Un tel type de décharge est caractérisé par un mouvement d'ensemble des électrons selon le champ électrique E de la cathode vers l'anode, superposé à un mouvement désordonné considérable dû à leurs chocs avec les molécules du gaz.

Par ailleurs, il a été récemment montré théoriquement et vérifié expérimentalement ([1]) qu'aux très hautes fréquences (U. H. F.), c'est-à-dire aux très courtes longueurs d'onde ($\varphi = 3\,000$ Mc/sec; $\lambda = 10^{cm}$), où aucun mouvement d'ensemble ne permet plus aux électrons d'aller d'une électrode à l'autre, le maintien de l'*excitation* du gaz était dû à un équilibre entre l'ionisation par choc électronique et les pertes par diffusion sur les parois du récipient contenant le gaz. On constate que les courbes $E = f(p)$ ainsi obtenues présentent également un minimum de champ explosif.

En outre, ces deux types de courbes sont caractérisés, dans un système de coordonnées *linéaires* ([2]), par une augmentation brutale de E pour des pressions peu inférieures à celles qui correspondent au minimum, par une remontée

([1]) Herlin et Brown, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 291; Mac Donald et Brown, *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 411.

([2]) Les graphiques publiés aux U. S. A. donnent log E en fonction de log p.

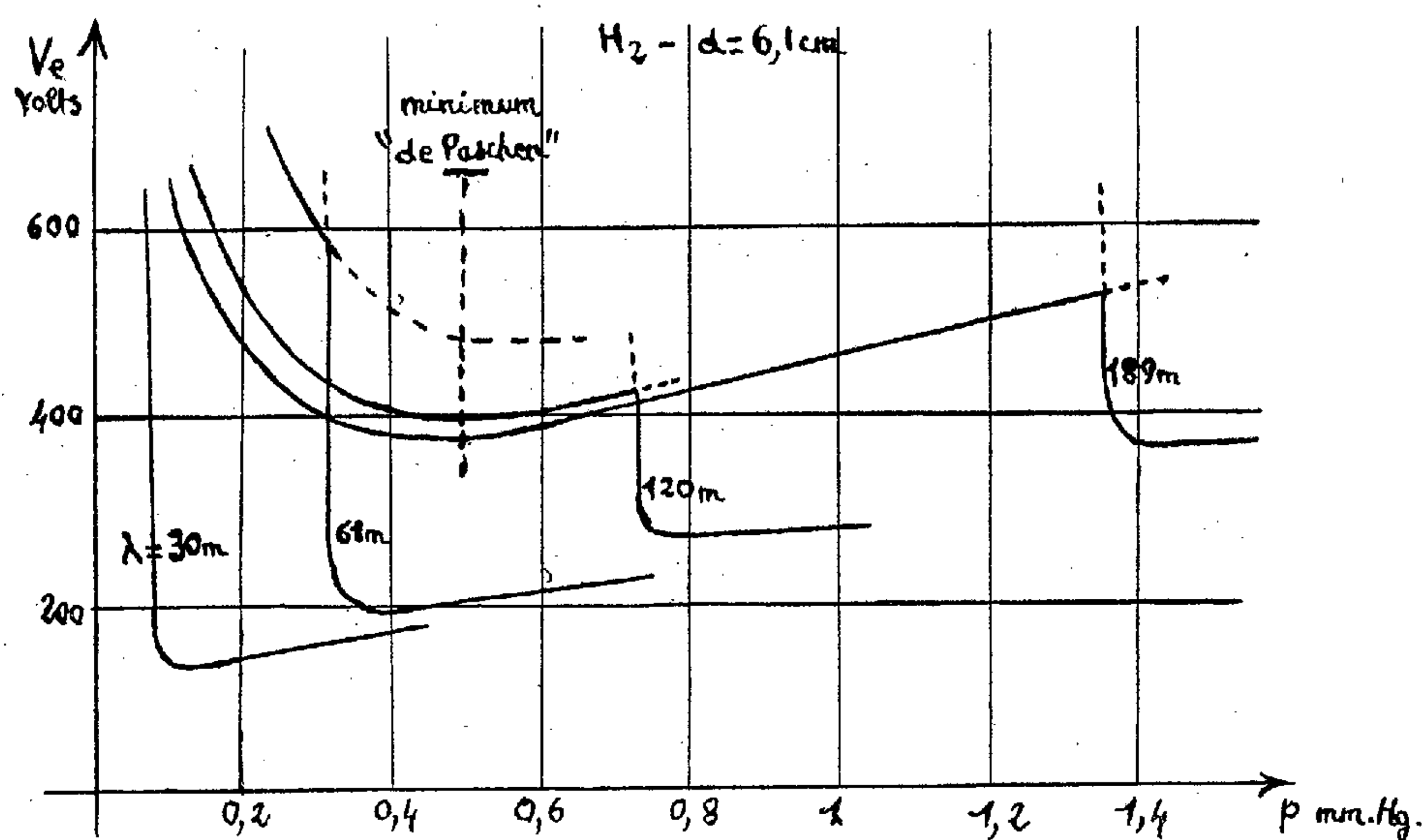
très lente pour des pressions supérieures, linéaire dans la décharge de Paschen, encore plus lente dans le type U. H. F.

Ces deux régimes sont concevables dans les cas intermédiaires : celui que l'on observera sera celui qui, à une pression donnée, correspond au potentiel d'entretien le plus faible. C'est, semble-t-il, l'explication des phénomènes de *variations brusques de potentiel explosif* et de *double minimum des courbes* $E = f(p)$ signalés par différents auteurs, en particulier Mlle Chenot ([3]).

Un calcul élémentaire, qui néglige : 1° la variation de l en fonction de la vitesse des électrons; 2° la répartition des vitesses électroniques; 3° l'existence des chocs non élastiques, montre que l'amplitude du mouvement d'ensemble des électrons oscillant sous l'action du champ $E \cos 2\pi\varphi t$, qui par ailleurs n'existe que si la fréquence des chocs électroniques est grande devant celle du champ électrique (pressions pas trop faibles), est donnée par

$$A = 0{,}38\,\eta^{1/4}\left(\frac{eEl}{m\varphi^2}\right)^{1/2},$$

$\eta = 2{,}66(m/M)$ étant le coefficient de perte d'énergie par choc élastique d'un électron de masse m avec une molécule du gaz de masse M.



Si A est supérieur à d, il pourra s'établir un régime de Paschen; à fréquence constante, A décroîtra quand la pression augmentera, si E ne croît pas au moins proportionnellement à p; A ne pouvant devenir inférieur à d, E croîtra continuellement, si du moins l'on se trouve à droite du minimum de Paschen.

([3]) GILL et DONALDSON, *Phil. Mag.*, 12, 1931, p. 719; THOMSON, *Phil. Mag.*, 23, 1937, p. 1; Mlle M. CHENOT, *Ann. Phys.*, 3, 1948, p. 277.

Toutefois, si la tension d'entretien de la décharge U. H. F. est inférieure, il y aura changement de régime au point d'intersection des deux caractéristiques. Selon la place de ce point, il y aura un ou deux minimum, et une variation de potentiel plus ou moins brutale, ainsi que le montre la figure ci-jointe, d'après le travail de M[lle] Chenot. Quand il n'y a qu'un seul minimum, c'est celui du régime U. H. F. que l'on observe, sauf probablement aux basses fréquences; ce régime subsiste alors pour toutes les pressions supérieures.

Enfin ces deux régimes sont limités, vers les faibles pressions, par un troisième, où le libre parcours moyen des électrons est assez grand pour leur permettre d'aller d'une électrode à l'autre sans heurter de molécules; l'on n'a plus alors, à proprement parler, une décharge dans un gaz, mais dans le vide. Si φ est assez grand, on passera de ce régime au régime U. H. F. sans passer par celui de Paschen.

Les courbes sans minimum, obtenues par Rhode dans le cas du néon, par exemple ([4]), et qui appartiennent au type U. H. F., s'expliquent par le fait que les mesures n'ont pas été poussées assez loin du côté des fortes pressions.

MAGNÉTISME. — *Sur l'activation intermittente progressive dans quelques séries d'alliages ferromagnétiques.* Note de M. **Robert Forrer**, présentée par M. Aimé Cotton.

1. Dans l'hypothèse de l'activation intermittente (A. i.) ([1]) nous distinguons des A. i. vers l'état $4s$ et vers l'état $4p$ qui créent, par des lacunes dans la couche $3d$, des moments supplémentaires m_s et m_p. Nous attribuons à l'état intermittent $4p$ la possibilité de faire des interactions produisant le ferromagnétisme, donc un point de Curie positif. Le nombre a_p d'A. i. individuelles vers $4p$ a été supposé égal au nombre d'interactions N lié au point de Curie θ par la relation empirique $N_\theta = \theta^2/F^2$, où F est une température de l'ordre de 300°. Dans les alliages Co-Ni et Fe-Ni du cube à faces centrées, nous supposons encore une activation permanente d'un quart des atomes vers l'état s^2, de sorte que le nombre a_s d'A. i. individuelles vers l'état s^2, qui est en général égal à 8, devient ici $8.3/4 = 6$.

2. Nous pouvons vérifier ces A. i. successives vers les états $4s$ et $4p$ par la variation du nombre N_θ dans quelques séries d'alliages. Cette vérification est indépendante des données qui ont servi à l'hypothèse de l'A. i. Supposons qu'un métal A porteur de moment soit dépourvu d'A. i. et qu'un métal B dissous dans A provoque une A. i. proportionnelle à son titre. L'A. i. se fait d'abord vers l'état $4s$ et c'est seulement quand cet état est rempli (par un cer-

([4]) Rhode, *Ann. d. Physik*, (5), **12**, 1932, p. 569.

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1254 et 1584; **231**, 1950, p. 1130.

tain nombre a_s d'A. i. individuelles), que l'A. i. croissante peut se faire vers l'état $4p$ créant des interactions en nombre $a_p = N_\theta$ et avec cela du ferromagnétisme.

3. *Vérifications.* — Dans les figures 1 et 2 est porté le nombre N_θ en fonction du titre atomique dans les alliages Fe-Ni (phase γ) et Pt-Co; la variation est rectiligne dans un certain intervalle. Les Fe-Niγ ne sont ferromagnétiques

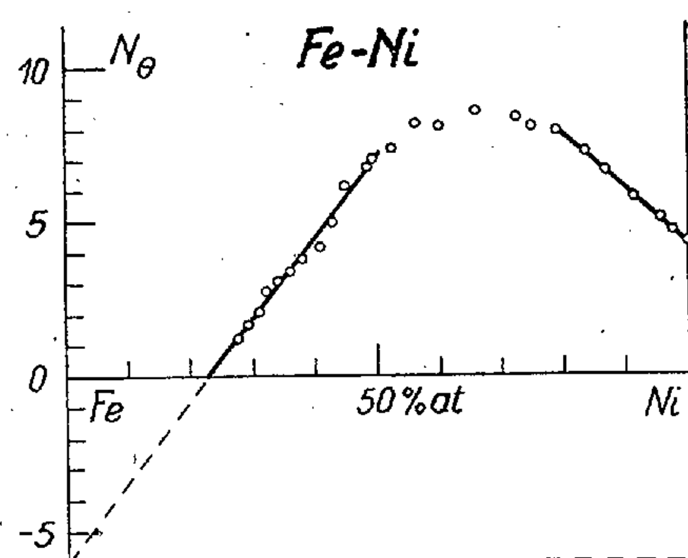


Fig. 1.

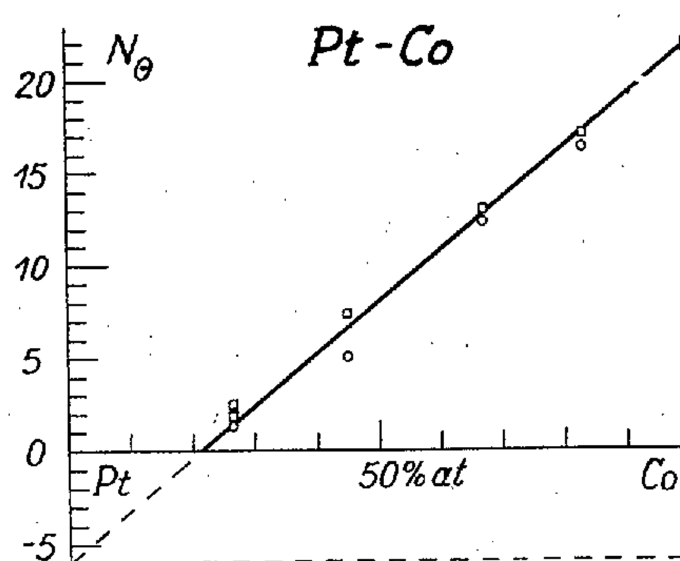


Fig. 2.

qu'à partir de 23 % at. Ni, les Pt-Co qu'à partir de 20 % at. Co. L'extrapolation de la pente vers Fe ou Pt donne $N_\theta = -6$. Puisque $a_p = N_\theta$, ce nombre 6 signifie que le nombre d'A. i. individuelles vers l'état s doit être égal à 6 avant le début d'une A. i. vers l'état p. Le moment supplémentaire m_s attribué à l'A. i. vers $4s$ qui ne contribue pas à la création du champ moléculaire a été trouvé en effet (1) égal à $6\beta\mu_B$, où β est la fraction de moment créée par une A. i. individuelle.

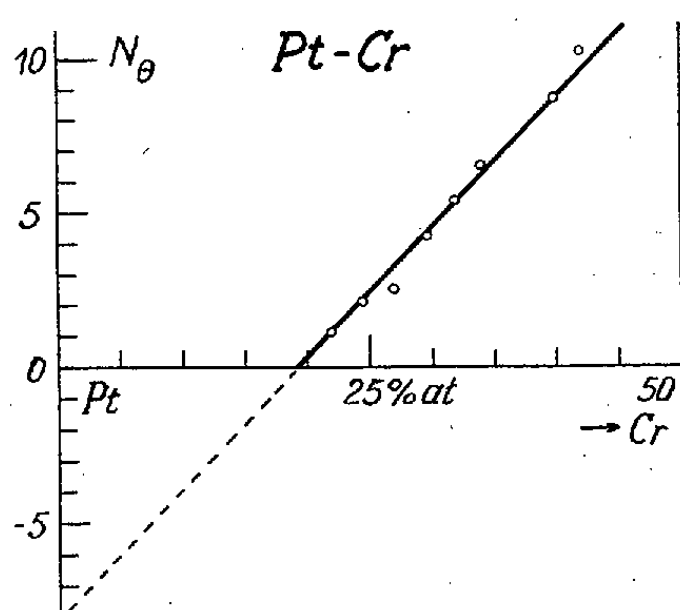


Fig. 3.

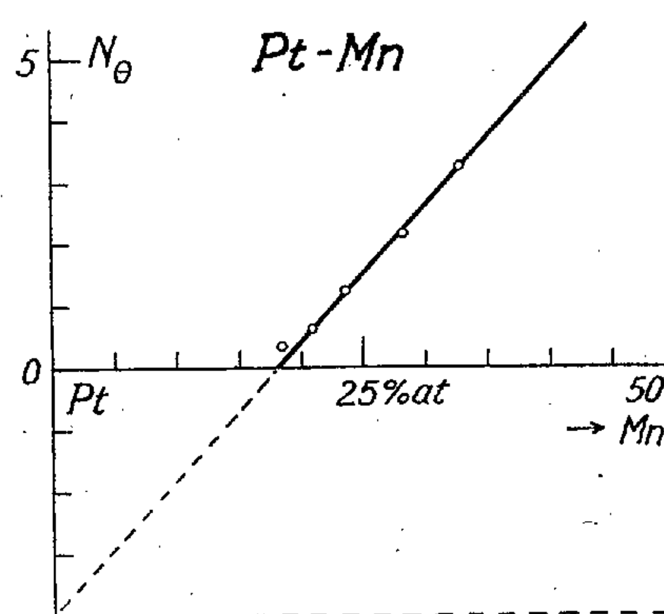


Fig. 4.

Ainsi nous pouvons appeler les éléments ferromagnétiques Ni et Co *provocateurs d'A. i.* dans Feγ et Pt qui eux ne sont pas ferromagnétiques.

Or, nous constatons que des éléments non ferromagnétiques peuvent aussi

être des provocateurs d'A. i.. Dans les figures 3 et 4 est porté comme dans les figures 1 et 2 N_θ en fonction du titre atomique dans les Pt-Cr [2] et Pt-Mn [3]. Ces alliages deviennent ferromagnétiques à partir de 19 % at. Cr et 18 % at. Mn.

On peut appeler la pente ΔN_{AB} de la variation de N_θ avec le titre atomique : *pouvoir d'activation intermittente* d'un élément B sur l'élément A. ΔN_{AB} est approximativement égal à 26 pour Ni dans Fe γ, 30 pour Co dans Fe γ ou Pt, 40 pour Cr dans Pt et 22 pour Mn dans Pt.

ÉLECTRONIQUE. — *Émission radioélectrique due à l'effet gyromagnétique dans une décharge.* Note (*) de M. **Marius Laffineur** et Mme **Charlotte Pecker**, présentée par M. André Danjon.

1. Nous avons essayé de mettre en évidence au laboratoire cette émission produite par le mouvement d'une particule électrisée de masse m et de charge e, dans un champ magnétique H. L'onde électromagnétique émise aura une fréquence

$$\nu = \frac{eH}{2\pi mc}.$$

La puissance rayonnée par un électron s'enroulant autour des lignes de force d'un champ magnétique étant beaucoup plus grande que pour toute autre particule [1], nous n'avons considéré que le gyromagnétisme des électrons.

2. La source d'électrons est une jauge à vide système Penning (deux cathodes froides de part et d'autre d'un anneau pris comme anode). Ce tube est relié à une installation de pompage permettant de réaliser des vides très poussés. La mesure des pressions ayant été ramenée à une simple lecture d'intensité par un montage analogue à celui de Penning [2].

La jauge est d'autre part soumise à une tension de 2000 volts et placée dans le champ d'un électroaimant préalablement étalonné permettant de réaliser des champs de 0 à 300 gauss. Les ondes électromagnétiques émises sont reçues dans un appareil récepteur accordé sur 55cm et couplé à l'aide d'une spire placée latéralement.

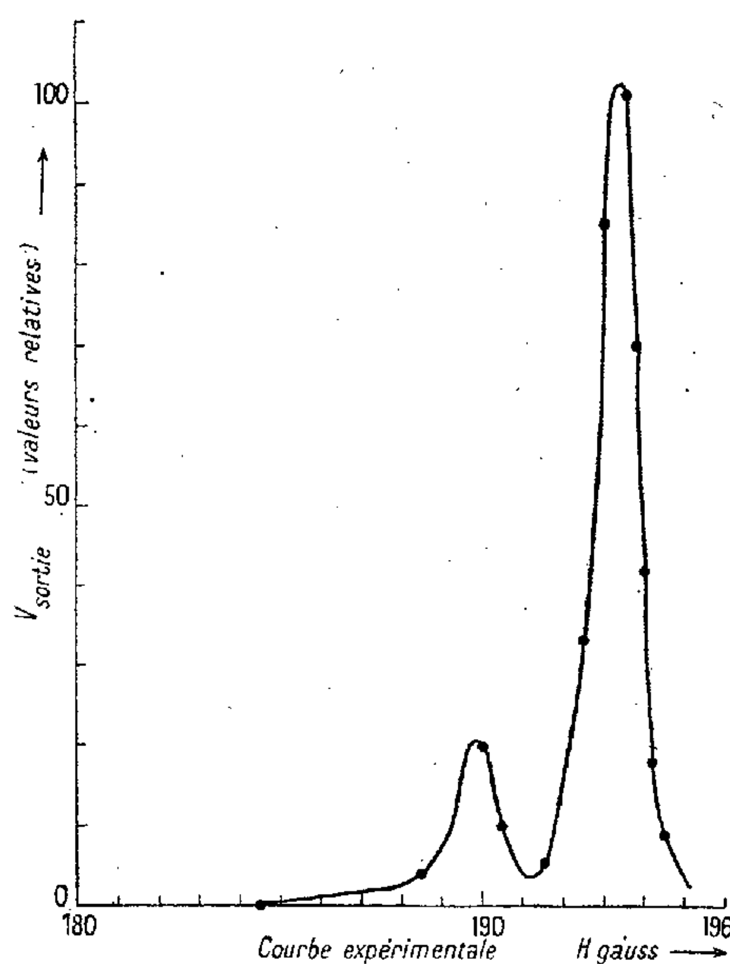
On a opéré avec des pressions variant de 10^{-3} mm de mercure à 10^{-5} mm de mercure, le phénomène se produisait avec le maximum d'accuité pour

---

(2) E. Friedrich et A. Kussmann, *Z. Phys.*, 36, 1935, p. 185.
(3) M. Anwärter et A. Kussmann, *Ann. Phys.*, 7, 1950, p. 169.

(*) Séance du 20 novembre 1950.
(1) J. F. Denisse, *Annales d'Astrophysique*, **10**, n° **1**, 1947.
(2) *Physica*, **4**, 1937, p. 71.

$p = 10^{-4}$ mm de mercure. A cette pression les chocs encore très nombreux déterminent l'élargissement de la raie ($\Delta\nu$ de l'ordre de 3 Mc) alors que la bande passante a une largeur de 300 Kc environ.



Courbe expérimentale

3. Les résultats obtenus ont été résumés dans le tableau suivant :

H(gauss).	184,5.	188,5	190.	190,5.	191,5.	192,5.	193.	193,5.	193,8.	194.	194,2.	194,5.
V_S.......	0	4	20	10	5	33	85	102	70	42	18	9

V_S étant la tension aux bornes du récepteur diminuée de la valeur du bruit de fond de l'appareil (qui équivaut à une tension de 50 μV à l'entrée).

La puissance émise passe par un maximum aigu pour un champ $H = 193,5$ gauss, la fréquence gyromagnétique correspondante étant justement celle pour laquelle le récepteur est accordé.

Le petit maximum correspond à une fréquence image de l'appareil récepteur.

4. Avons-nous mis en évidence le rayonnement gyromagnétique direct qui ne serait pas entièrement réabsorbé par suite de la valeur élevée du gradient de champ magnétique, ou un phénomène tout différent ? En effet l'électron étant soumis à l'action simultanée d'un champ magnétique et d'un champ électrique, il pourrait se produire une véritable oscillation du milieu dont la fréquence serait imposée par celle du gyromagnétisme.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur les aberrations des lentilles ioniques dans les sources d'ions.* Note de M. **François Bertein**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Nous avons étudié précédemment (1) la finesse d'un pinceau d'ions focalisé par une fente F_0 pratiquée dans un diaphragme métallique. Cette fente était supposée douée de convergence idéale, c'est-à-dire opérant dans les conditions de Gauss, en tant que lentille de distance focale f. Une telle hypothèse est justifiée si F_0 est relativement *large* par rapport au faisceau ionique. Le phénomène de convergence dans le sens transversal perpendiculaire (2) peut toutefois imposer une limite assez stricte à la largeur $2b$ d'une fente focalisatrice, et de ce fait il convient d'envisager le cas où le faisceau occupe une partie notable ou même la totalité de son ouverture. La focalisation par F_0 est alors entachée d'une *aberration d'ouverture* que nous allons brièvement étudier ici.

F_0 est en général une lentille faible, car b est relativement petit par rapport à f. On peut considérer une telle lentille comme étant infiniment mince (plan $z=0$) et séparant deux régions de champs uniformes E_1, E_2. Les parties incidente T_1 et émergente T_2 d'un rayon sont paraboliques; T_2 se déduit de T_1 par une réfraction située sensiblement dans le plan $z=0$. Cette réfraction donne un angle de déviation δ dont la valeur est la suivante, moyennant la symétrie géométrique réalisée dans le cas de F_0 :

$$\delta = \frac{(E_1 - E_2)}{2V_0}x - \frac{1}{2V_0^2}\int_{z=-\infty}^{+\infty} \varphi \, d\psi, \tag{1}$$

en posant

— $V(x, z)$ loi de potentiel;

— V_0 tension de F_0;

$\varphi(x, z) = V(x, z) + E_1 z + V_0$;

$\psi(x, z) = \int_{-\infty}^{z} \frac{\partial \varphi}{\partial x} dz.$

Les intégrations sont effectuées le long de l'ordonnée x du point M; on notera que φ est une loi de potentiel, ψ la fonction conjuguée (3) correspondante. La formule (1) est valable pour toute l'ouverture de F_0; elle a été établie dans le cadre d'une étude plus générale concernant les lentilles faibles, et faisant l'objet d'une prochaine publication. Le premier terme dont la valeur

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1134.

(2) F. Bertein, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 766.

(3) J. Granier, *Introduction à l'étude des champs physiques*, Paris.

est connue par ailleurs ([1]) fournit la partie principale de δ; le deuxième terme n'est pas fonction linéaire de x et traduit de ce fait l'aberration d'ouverture que nous mesurerons par l'angle α.

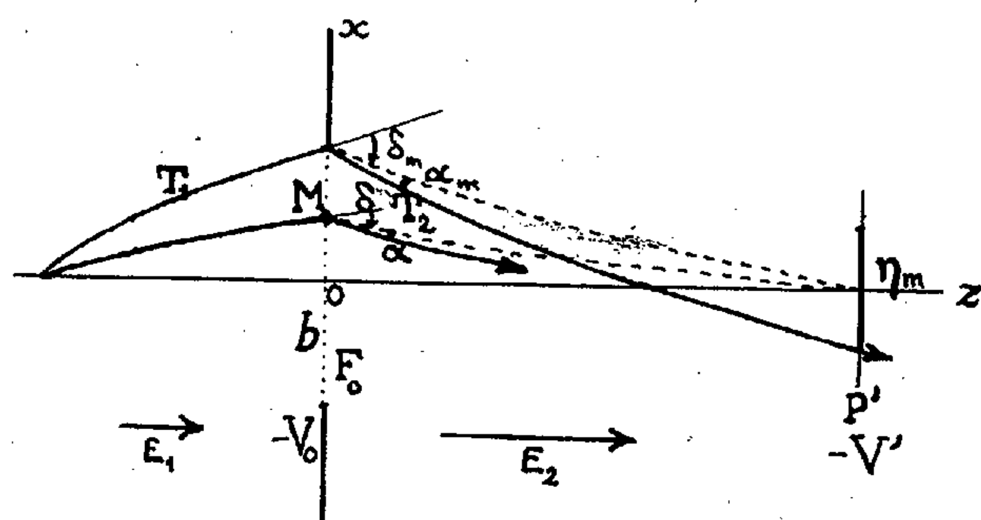


Fig. 1.

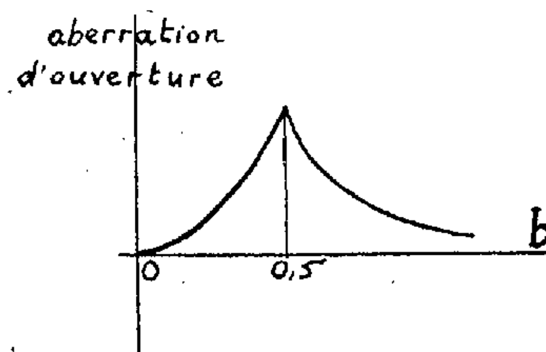


Fig. 2.

α présente le sens indiqué sur la figure; c'est une fonction croissante de l'écartement x, et aisément calculable dans le cas d'un diaphragme infiniment mince; sa valeur est sensiblement la suivante pour le rayon extrême de déviation δ_m :

$$\alpha_m = \frac{\delta_m^2}{2},$$

d'où la largeur correspondante de la tache d'aberration dans le plan conjugué image P' :

$$\eta_m = 2\,\frac{\delta_m^2 V_0}{E_2}\left(\sqrt{\frac{V'}{V_0}} - 1\right).$$

Appliquons à des valeurs usuelles des divers paramètres dans le cas de la source d'ions déjà mentionnée ([1]).

On peut écrire

$$\eta_m \# \frac{2b^2}{f};$$

soit une lentille F_0 de $f = 2^{mm},5$ et un pinceau ionique de largeur 1^{mm} dans le plan de F_0; si l'on fait varier b, le pinceau couvre l'ouverture de F_0 tant que b est inférieur à $0^{mm},5$; à cette valeur correspond une valeur maximum pour l'aberration $\eta_m = 0^{mm},2$ (*fig.* 2). Ce chiffre traduit une finesse de pinceau ionique encore acceptable en ce qui concerne l'obtention de la limite de résolution usuelle d'un spectromètre industriel. Il est plus faible si le diaphragme n'est pas infiniment mince; il suffira d'ailleurs que b dépasse assez peu la valeur $0^{mm},5$ pour que l'aberration d'ouverture soit parfaitement négligeable.

([1]) DAVISSON et CALBICKS, *Phys. Rev.*, **38**, 1931, p. 585; **42**, 1932, p. 580.

OPTIQUE. — *Mesure de la durée de vie moyenne du niveau de résonance* 6^3P_1 *de différents isotopes du mercure.* Note de MM. **Robert Lennuier** et **Jean-Louis Cojan**, présentée par M. Jean Cabannes.

La durée de vie moyenne τ du niveau $^3P_1$ varie avec le spin nucléaire i de l'isotope. On trouve pour les isotopes pairs $(i=0)\tau_X=1,10.10^{-7}$ sec; pour l'isotope 199 $(i=1/2)\tau_{199}=1,45.10^{-7}$ sec; pour l'isotope 201 $(i=3/2)\tau_{201}=2,25.10^{-7}$ sec.

1. Les résultats de la mesure de la durée de vie du niveau 6^3P_1 du mercure ([1]), effectuée par diverses méthodes fondées sur l'observation de la raie de résonance 2537 Å, se groupent autour de la valeur $\tau=1,1.10^{-7}$ sec. Tous les auteurs, sauf Mrozowski ([2]), ont utilisé la raie 2537 Å *non résolue*, due à l'ensemble des isotopes du mercure naturel et les résultats ont été interprétés en supposant que la durée de vie du niveau de résonance est la *même* pour tous les isotopes. Ceux-ci se composent d'isotopes de masse atomique paire (69,88 %) dont le noyau a un spin nul, et des isotopes de masse 199 (16,45 %) et 201 (13,67 %) de spins nucléaires respectivement égaux à 1/2 et 3/2.

On peut se demander si l'existence de ces spins n'est pas susceptible de modifier la durée de vie du niveau 6^3P_1. En faveur de cette hypothèse on peut faire remarquer que des transitions interdites par la règle de sélection $J=\pm 1$ ou 0 deviennent possibles par suite de l'interaction entre le spin nucléaire et l'électron, qui substitue la condition $F=\pm 1$ ou 0 à la précédente. (On explique ainsi ([3]) l'apparition de la raie du mercure $6^3P_2-6^1S_0$ émise seulement par les isotopes impairs). Mrozowski mesura l'angle de polarisation maximum du rayonnement de résonance observé à angle droit du faisceau primaire dans la vapeur de mercure soumise à un champ magnétique parallèle à la direction d'observation; il éliminait du rayonnement primaire transportant la raie 2537 Å certaines de ses composantes hyperfines au moyen d'un filtre magnétique. Il obtint ainsi les valeurs suivantes ([4]) de τ : pour l'ensemble des isotopes $1,26.10^{-7}$ sec; pour les isotopes 200 et 202 mélangés $1,6.10^{-7}$ sec; pour l'isotope 199 $1,6.10^{-7}$ sec. L'écart important entre la durée de vie mesurée pour l'ensemble et la durée de vie relative aux isotopes 200 et 202 ne permet pas d'interpréter ces résultats; dans les conditions de l'expérience (vapeur en résonance à la température ambiante), des phénomènes d'absorption et de résonance secondaire devaient affecter les isotopes de plus forte

---

([1]) A Mitchell et M. Zemansky, *Résonance Radiation and excited Atoms*, Cambridge, 1934, p. 147.

([2]) *Bull. Inter. Acad. Pol. Sc.*, A 1930, p. 464.

([3]) A. C. Candler, *Atomic Spectra*, Cambridge, 1937, p. 215.

([4]) Valeurs corrigées pour tenir compte des différentes valeurs du facteur de décomposition du niveau $3P_1$.

population (200 et 202) diminuant leur influence dans les mesures sur l'ensemble de la raie et conduisant à une valeur trop élevée de τ lorsqu'ils étaient excités séparément.

2. Nous avons obtenu la durée de vie du niveau $^3P_1$ pour chacun des isotopes 202, 200, 199 et 201 en utilisant comme rayonnement primaire celui que fournit un filtre magnétique à deux champs ([5]). Ce rayonnement, polarisé rectiligne, traverse un tube à résonance; l'observation a lieu dans une direction perpendiculaire au faisceau et à la vibration qu'il transporte. Sur l'axe d'observation un prisme de Wollaston et un objectif concentrent le rayonnement de résonance recueilli en deux images correspondant respectivement aux vibrations verticale (intensité I) et horizontale (intensité i) de celui-ci. Une cellule à muliplicateur d'électrons (RCA IP 28) dont la fente d'entrée balaye le plan dans lequel se forment les deux images permet de mesurer le rapport i/I et par conséquent la polarisation $P = (I - i)/(I + i)$ du rayonnement de résonance. Lorsqu'un champ magnétique H est appliqué parallèlement à la direction d'observation, la polarisation prend la forme $P(H) = P_0/[1 + (egH\tau/m)^2]$ (e/m, rapport de la charge à la masse de l'électron, en u.e.m.c.g.s; g, facteur de décomposition du niveau de résonance en présence d'un champ magnétique). La relation précédente est valable lorsque le rayonnement est dû à un seul niveau hyperfin d'un isotope unique.

Lorsque le rayonnement est complexe, il correspond à chaque niveau hyperfin f_b^α (niveau b de l'isotope α) une relation du type ci-dessus et la polarisation observée est ([6]) $P(H) = \Sigma P_0(f_b^\alpha)/[1 + (eg_{f_b^\alpha} H\tau/m)^2]$. Les $P_0(f_b^\alpha)$ expriment les contributions respectives de ces divers niveaux et éventuellement l'affaiblissement de la polarisation dû aux chocs subis par les atomes excités; ils sont calculables lorsqu'on connaît la répartition hyperfine de l'intensité dans le rayonnement primaire. Les expériences ont été faites sur la vapeur de mercure à 0°C (pression de $1{,}8.10^{-4}$ mmHg) et l'on a vérifié par des expériences à températures plus élevées (à 15°C, $p = 8.10^{-4}$ mmHg) que la valeur trouvée pour τ n'était sensiblement pas perturbée par l'effet de résonance secondaire (les valeurs obtenues à 0°C doivent d'après ces vérifications être diminuées de 1 % pour les isotopes 200 et 202). On trace la courbe obtenue en portant $\sqrt{(P_0/P) - 1}$ en ordonnées et H en abscisses. Lorsqu'il s'agit d'un isotope et d'un niveau unique, la courbe est une droite de pente $eg\tau/m$. Nous avons ainsi trouvé :

Isotope 202 *seul* : $g\tau = 1{,}65 \pm 0{,}05.10^{-7}$, $\tau_{202} = 1{,}10 \pm 0{,}04.10^{-8}$ sec.

Isotope 199 (Niveau B seul) : $g\tau = 1{,}45 \pm 0{,}05.10^{-7}$, $\tau_{199} = 1{,}45 \pm 0{,}05.10^{-7}$ sec.

Isotopes 200 et 202 *ensemble* (intensités du même ordre). Les points s'alignent

([5]) J. L. Cojan et R. Lennuier, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 670.

([6]) A. Mitchell et M. Zemansky, *loc. cit.*, p. 296.

sur une droite dont la pente est $\overline{g\tau} = 1,68 \pm 0,05 \cdot 10^{-7}$ sec. On en conclut

$$\tau_{200} = \tau_{202} = 1,12 \pm 0,04 \cdot 10^{-7} \text{ sec.}$$

L'ensemble de la raie non filtrée doit d'après le calcul se comporter pratiquement comme si les isotopes pairs agissaient *seuls;* on obtient effectivement $\overline{g\tau} = 1,67 \pm 0,05 \cdot 10^{-7}$; $\overline{\tau}_{ens} = 1,11 \pm 0,04 \cdot 10^{-7}$ sec, qui est en bon accord avec les mesures des autres auteurs. Le fait que cette durée efficace coïncide avec τ_{202} et τ_{200} montre que la durée de vie doit être la même pour les autres isotopes pairs (198 et 204).

Isotope 201. — Sa durée de vie ne peut pas être atteinte directement. On isole la composante hyperfine due à l'ensemble 198 et 201 (b); il subsiste dans le rayonnement filtré une faible proportion de la composante groupant les niveaux de 204, 201 (a), et 199 (A); la pente de la tangente à l'origine donne par son carré une moyenne pondérée des $(g\tau)^2$ dus à chaque niveau. La pente de l'asymptote donne par l'inverse de son carré une moyenne pondérée des $1/(g\tau)^2$ dus à chaque niveau. On en déduit $\tau_{201} = 2,25 \pm 0,10 \cdot 10^{-7}$ sec.

SPECTROSCOPIE. — *Propriétés spectrales du radical carbonyle; comparaison entre les spectres de vibration (effet Raman et infrarouge) de cétones et d'aldéhydes.* Note de M. **Elie Gray**, présentée par M. Jean Cabannes.

A la suite de recherches précédemment effectuées nous avions indiqué (1), (2), (3) que la présence du groupement carbonyle dans une molécule de cétone se traduisait, dans la région 1700 cm^{-1}, par une bande Raman et une bande infrarouge *correspondant à deux fréquences différentes*, le nombre d'ondes de la bande de diffusion étant toujours inférieur à celui de la bande d'absorption.

Des mesures de spectrométrie infrarouge que nous avons récemment effectuées dans les laboratoires de M. le Professeur D'Or à la Faculté des Sciences de Liége, avec la plus grande précision possible, nous ont conduit à l'ensemble de résultats suivants :

1° Dans la région 1700 cm^{-1} l'écart de fréquence, précédemment observé, entre la bande Raman et la bande infrarouge caractéristiques du groupement C = O cétonique, *est confirmé*; la fréquence correspondant à la bande d'absorption est toujours supérieure à celle correspondant à la bande de diffusion.

2° La grandeur de cet écart de fréquence est variable d'une cétone à une autre : dans certains cas elle peut atteindre, et même dépasser une vingtaine de cm^{-1}. C'est ainsi que pour les cétones suivantes, prises à l'état liquide pur,

(1) J. Lecomte, F.-J. Taboury et E. Gray, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 907.
(2) J. Lecomte, F.-J. Taboury et E. Gray, *Bull. Soc. Chim.*, 9, 1947, p. 776.
(3) E. Gray, *Thèse*, Paris, 1948.

nous avons obtenu comme valeurs de ces écarts de fréquence : acétone : 15 cm^{-1} ; éthylméthylcétone : 11 cm^{-1}; propione : 21 cm^{-1}; butyrone : 23 cm^{-1}; acétophénone : 14 cm^{-1}; propiophénone : 14 cm^{-1}; benzophénone : 0 cm^{-1}.

Cette dernière cétone, pour laquelle l'écart de fréquence est nul, se comporte à ce point de vue, d'une façon particulière.

3° Un écart *du même ordre de grandeur* et *dans le même sens* existe pour les *aldéhydes* : aldéhyde butyrique : 26 cm^{-1}; aldéhyde crotonique : 10 cm^{-1}; aldéhyde cinnamique : 14 cm^{-1}; aldéhyde benzoïque : 18 cm^{-1}.

4° Ces écarts de fréquence *existent et conservent sensiblement la même valeur* aussi bien dans les spectres de ces substances prises à *l'état solide* que dans ceux de ces mêmes composés pris à *l'état liquide pur* ou à *l'état de solution très étendue* dans le tétrachlorure de carbone (3 à 4/100 de molécule par litre).

Au cours de ces divers changements d'états physiques, envisagés dans l'ordre précédent, il est en effet remarquable que les fréquences caractéristiques du groupe carbonyle augmentent de la *même quantité* en diffusion et en absorption.

De plus, ces augmentations de fréquences sont du même ordre de grandeur pour les diverses cétones et aldéhydes que nous avons étudiés : une quinzaine de cm^{-1}, en moyenne, pour le passage de l'état solide à l'état de solution très étendue dans le tétrachlorure de carbone. Cette constance dans la valeur de ces élévations de fréquences consécutives aux changements d'état physique, pour les diverses substances de nos recherches, peut s'interpréter comme une conséquence de l'état associé de ces composés chez lesquels la valeur du moment électrique du groupe carbonyle a toujours sensiblement la même valeur.

5° Dans le cas particulier de la cyclopentanone, pour laquelle deux fréquences sont observables en Raman à 1720 et 1740 cm^{-1}, la bande infrarouge correspondante se situe à 1764 cm^{-1} et ne coïncide, par conséquent, avec aucune des deux bandes de diffusion.

En résumé, *les fréquences caractéristiques du groupement carbonyle des cétones et des aldéhydes apparaissent avec des valeurs différentes dans les spectres Raman et infrarouge, et cet écart de fréquence subsiste, en conservant la même valeur, quel que soit l'état physique considéré : état solide, état liquide pur ou solution très étendue dans un solvant neutre tel que le tétrachlorure de carbone.*

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur le spectre d'absorption du benzène liquide dans le proche infrarouge.* Note de M. **Germain Gauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Le spectre du benzène liquide, étudié avec une grande dispersion [1],

---

[1] *J. Phys. Rad.*, 11, 1950, p. 300.

a révélé 40 nouvelles bandes non encore signalées ([2]), dans la région $0^{\mu},9$-$1^{\mu},9$. En admettant pour le benzène une symétrie D_{6h}, nous avons recherché systématiquement toutes les combinaisons actives en absorption (de symétrie E_u^- ou A_{2u} exclusivement). La comparaison de ces nombres avec nos résultats expérimentaux montre que l'*on peut ainsi interpréter la totalité des bandes observées, sans qu'il soit nécessaire de supposer une déformation de la molécule, diminuant sa symétrie,* comme l'avaient admis certains auteurs.

1. *Combinaisons vers* $1^{\mu},8$ (5580-5820 cm^{-1}). — Les sept bandes de cette région, soit 5585, 5618, 5668, 5707, 5723, 5760 et 5783 cm^{-1} peuvent toutes s'identifier par plusieurs combinaisons de fréquences, avec une anharmonicité comprise entre 1,5 et 3,5 %. Il est impossible de ne faire appel qu'à la seule vibration E_u^- (3080 cm^{-1}), permise en infrarouge, pour expliquer toutes les bandes observées.

2. *Harmonique* 2ν *vers* $1^{\mu},7$ (5820-6200 cm^{-1}). — D'après les règles de sélection, l'harmonique 2ν(CH) est interdit avec la symétrie D_{6h}. Mais les 27 combinaisons permises par le modèle D_{6h} s'accumulent dans la région (plusieurs fournissant les mêmes valeurs), et expliquent amplement que l'on obtienne des maxima d'absorption bien marqués. De plus, l'intensité des composantes, entre 5820 et 6200 cm^{-1}, est au moins 100 fois plus faible que celle de l'harmonique 3ν par rapport aux bandes voisines respectives de combinaison. Nous considérons donc superflue la mise en œuvre d'un harmonique 2ν.

3. *Combinaisons vers* $1^{\mu},4$ (6200-8700 cm^{-1}). — 42 bandes très nettes apparaissent, dont 28 n'avaient pas encore été signalées. Elles s'interprètent toutes sauf 17 bandes, en particulier les fréquences 6285, 6318, 6375, 6486, 6550 et 6608 cm^{-1}, pour lesquelles il *faut* envisager des combinaison avec les six autres fréquences entourant 5984 cm^{-1}. Le tableau ci-après donne les seules interprétations possibles.

4. *Harmonique* 3ν *vers* $1^{\mu},2$ (8 700-8 900 cm^{-1}). — L'harmonique 3ν comporte deux bandes intenses à 8 780 et 8 720 cm^{-1}, qui s'interprètent par les huit combinaisons permises, en prenant trois par trois les fréquences de la région de 3 000 cm^{-1}. Le seul harmonique 3ν permis ($3\times 3\,080$ cm^{-1}) est représenté, sans aucun doute, par la bande d'absorption 8 780 cm^{-1}. Mettant en regard ces deux fréquences, on constate que la bande 8 720 est due, à 10 cm^{-1} près, correction faite de l'anharmonicité, à la superposition des fréquences de combinaison

$$3\,060 + 3\,047 + 3\,062 = 9\,169 \quad \text{et} \quad 2\times 3\,037 + 3\,080 = 9\,174,$$
$$B_{1u} + E_g^+ + A_{1g} = E_u^- \quad \text{et} \quad 2(E_g^+) + E_u^- = E_u^-.$$

([2]) *J. Phys. Rad.*, 10, 1949, p. 1 et 49; C. K. Ingold, C. L. Wilson et coll., *J. Chem. Soc.*, 1936, p. 912-987 et 1946, p. 222-333.

ν (observé) (cm⁻¹).	ν (calculé) (cm⁻¹).	Interprétation.	ν (observé) (cm⁻¹).	ν (calculé) (cm⁻¹).	Interprétation.
6285	6313	5908 + 405	7084	7094	5984 + 1110
6318	6327	5922 + 405	7148	7162	5984 + 1178
6375	6389	5984 + 405	7262	7277	6099 + 1178
6486	6514	5908 + 606	7328	7365	5880 + 1485
6550	6579	5908 + 671	7429	7469	5984 + 1485
6566	6590	5984 + 606	7457	7476	5880 + 1596
6608	6611	5908 + 703	7504	7518	5922 + 1596
6629	6655	5984 + 671	7517	7536	5984 + 849 + 703
6689	6687	5984 + 703	7564	7580	5984 + 1596
6710	6717	5868 + 849	7599	7632	5984 + 1648
6764	6771	5922 + 849	7668	7687	5868 + 1819
6795	6802	6099 + 703	7688	7699	5880 + 1819
6826	6833	5984 + 849	7705	7727	5908 + 1819
6860	6872	5880 + 992	7787	7803	5984 + 1819
6906	6914	5922 + 992	7843	7879	5984 + 1485 + 405
6966	6976	5984 + 992	7899	7939	5984 + 1955
6982	6994	5984 + 1010	8041	8075	5984 + 1485 + 606

Le resserrement des bandes de l'harmonique 3ν sur 60 cm⁻¹ et l'étalement des bandes de l'harmonique 2ν sur 300 cm⁻¹, alors que l'inverse devrait théoriquement se produire, constituent une autre preuve de ce que la région de l'harmonique 2ν fait intervenir des fréquences autres que celles de la région 3 000-3 100 cm⁻¹.

5. *Combinaisons vers* 1μ,0 (8 900-11 200 cm⁻¹). — Cette région spectrale n'a apporté que sept bandes nouvelles. Nous adoptons pour cette région l'interprétation qu'en donne P. Barchewitz (²). Notre spectre, obtenu sous 20^cm, est en tout point semblable au sien, sous 70^cm.

6. *Harmonique* 4ν *vers* 0μ,87 (11 200-14 000 cm⁻¹). — La bande que Barnes et Fulweiler (³) ont déjà trouvée double par enregistrement photographique, s'est résolue en 11 458 et 11 428 cm⁻¹, sur six spectres enregistrés sous 5^cm. Les seules combinaisons permises entre les fréquences 3 000-3 100 cm⁻¹ donnent lieu à 16 fréquences, toutes comprises entre 12 201 et 12 302 cm⁻¹, que nous n'avons pu résoudre avec notre dispersion de 100 cm⁻¹ par centimètre à 0μ,87.

SPECTROSCOPIE. — *Étude de la perturbation de la raie* 1469 Å *du xénon par l'argon sous pression jusqu'à* 650 kg/cm². Note de MM. **Stéphane Robin** et **Jacques Romand**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude de la perturbation des raies spectrales par des gaz étrangers est intéressante par les renseignements qu'elle donne sur les interactions se pro-

(³) *J. Amer. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 1033.

duisant entre les molécules ou atomes de natures différentes : la connaissance de ces perturbations pouvant permettre en principe de calculer les propriétés thermodynamiques de ces mélanges par les méthodes de la mécanique statistique. A notre connaissance il ne semble pas que les pressions utilisées dans les nombreux travaux ayant déjà été faits sur la question aient dépassé quelques dizaines d'atmosphères (1) et il nous a paru intéressant de poursuivre cette étude dans le domaine des pressions moyennes (100 à 1000 kg/cm²).

Les résultats obtenus occasionnellement sur le phénanthrène par l'un d'entre nous (2) sont d'une interprétation difficile à cause de la complexité de la molécule de phénanthrène. Le cas des gaz et vapeurs monoatomiques est plus simple et nous donnerons ici les résultats expérimentaux que nous avons obtenus dans l'étude du xénon.

Les pressions que nous avons utilisées atteignant 800 kg/cm², il a fallu monter des fenêtres de fluorine assez épaisses (7^{mm}), ce qui limite le spectre vers les courtes longueurs d'onde d'où le choix du xénon qui est le seul gaz rare que l'on puisse étudier dans ces conditions grâce à sa raie de résonance située à 1469 Å. L'appareillage que nous avons utilisé est le même que celui qui a servi à l'étude du phénanthrène dissous (3), la cuve ayant $2^{mm},9$ d'épaisseur. Le xénon est comprimé par de l'argon dont la transparence est bonne dans cette région; par des dilutions successives au moyen de ce gaz, la pression partielle du xénon a pu être amenée à des valeurs aussi petites que 0,08 mm Hg. Nous avons conduit les expériences de sorte que dans une série de poses elle reste constante, la variable étant la pression de l'argon.

Sous l'effet de la compression, la raie du xénon s'élargit et se transforme en une bande dont il est intéressant de connaître le déplacement du maximum et l'élargissement. Les conditions expérimentales ne nous ont pas permis de faire l'étude de ce dernier : il aurait fallu connaître avec précision le coefficient d'absorption du maximum, ce qui n'était pas possible, la source utilisée étant une lampe à hydrogène dont le spectre, dans la région considérée, est composé de raies.

Nous avons donc divisé notre étude en deux parties : *a*. Étude du déplacement du maximum en fonction de la densité de l'argon pour des pressions partielles de xénon assez faibles pour que l'absorption ne soit pas complète pour le maximum (0,1 à 0,2 mm Hg); les résultats sont donnés figure 1; *b*. Pour des pressions de xénon plus fortes l'absorption est totale au maximum et nous observons les bords de la bande; la figure 2 représente ainsi en fonction de la pression d'argon portée en ordonnée les longueurs d'onde correspondant à une densité optique de 0,2, la pression partielle de xénon étant de 1240 mmHg.

---

(1) H. MARGENAU et W. W. WATSON, *Rev. Mod. Phys.*, 8, 1936, p. 22.

(2) S. ROBIN, *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1757.

(3) S. ROBIN, J. ROMAND et B. OKSENGORN, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 689.

En ce qui concerne les résultats obtenus pour les faibles pressions partielles de xénon (*fig.* 1), nous voyons que le déplacement du maximum a lieu *vers les courtes longueurs d'onde;* ceci n'a été observé que rarement jusqu'à présent. D'autre part, un étalement de la courbe se manifeste du côté des courtes longueurs d'onde dès que se produit le déplacement du maximum. Enfin ce déplacement, relativement faible jusqu'à 200 Amagats environ (à peu près 3 Å; la courbe a été tracée en pointillé car la dispersion de notre spectrographe est

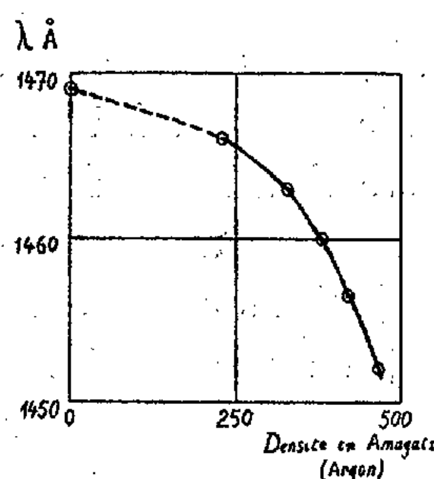


Fig. 1.

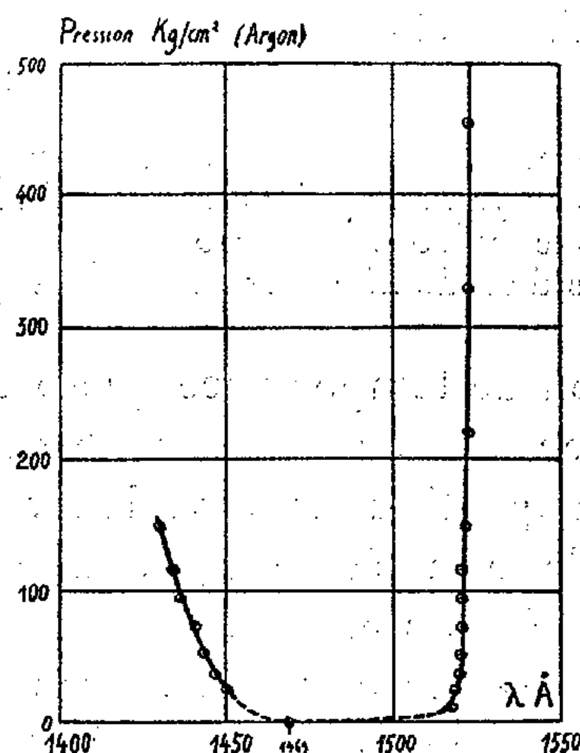


Fig. 2.

de 18 Å/mm et la forme de la courbe est mal déterminée dans cette région), croît plus rapidement ensuite. Ceci constitue probablement le premier exemple d'une variation plus rapide que la variation linéaire prévue par la théorie des chocs ([4]), ([5]). Une interprétation complète demanderait vraisemblablement un remaniement des théories existantes en vue de leur extension à des pressions élevées.

En ce qui concerne les résultats obtenus avec des pressions de xénon plus élevées (*fig.* 2) nous remarquerons : 1° Que la bande paraît fortement déportée vers les grandes longueurs d'onde, phénomène déjà observé précédemment ([6]). En effet le processus d'élargissement par compression du xénon lui-même doit être rattaché à un phénomène de résonance. 2° En augmentant la pression de l'argon, le bord de la bande situé du côté des courtes longueurs

---

([4]) G. F. Hull, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 1148.

([5]) Le début d'une telle variation semble avoir été observé par Hull ([4]) dans le cas du potassium dans l'argon et l'azote, mais avec des pressions insuffisamment élevées pour que ce résultat soit certain.

([6]) J. C. Mc Lennan et R. Turnbull, *Proc. Roy. Soc.*, **129**, 1930, p. 266 et **139**, 1933, p. 683.

d'onde se déplace vers les grandes fréquences alors que l'autre bord reste pratiquement immobile. Il est donc logique de supposer que le maximum se déplace vers les courtes longueurs d'onde avec également une asymétrie dans cette direction.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Pouvoir rotatoire magnétique et constitution de l'eau oxygénée.* Note (*) de MM. **Fernand Gallais** et **Robert Wolf**, présentée par M. Aimé Cotton.

La mesure du pouvoir rotatoire magnétique de l'eau oxygénée a conduit aux résultats suivants : $[\rho] = 0{,}800.10^{-2'}$ et $[\rho]_M = 27{,}1.10^{-2'}$ ($\lambda = 0{,}5780\ \mu$).
Ces valeurs sont en accord avec la structure H—O—O—H indiquée par les méthodes d'étude de la forme géométrique de la molécule O_2H_2.

En raison de l'importance que présente l'eau oxygénée pour l'étude de la fonction peroxyde, nous nous sommes proposé d'en déterminer le pouvoir rotatoire magnétique et de vérifier si ce mode d'investigation conduit, pour la structure de la molécule O_2H_2, au résultat généralement admis aujourd'hui.

Nos expériences ont porté sur une gamme de solutions aqueuses préparées à partir d'une eau oxygénée titrant environ 80 % en poids. Cette solution mère et toutes nos dilutions étaient stabilisées par de l'acide phosphorique et de la 8-oxyquinoléine (PO_4H_3 : 0,0025 %, C_7H_7NO : 0,031 %). Nous avons constaté que, à la précision de nos mesures, ces tracés de stabilisateurs ne modifient pas les constantes de l'eau pure.

Les dosages des solutions ont été effectués par volumétrie, au moyen d'une solution 0,1 N de MnO_4K spécialement étalonnée sur $C_2O_4Na_2$. Les densités ont été déterminées par la méthode hydrostatique en utilisant un récipient et un plongeur soigneusement paraffinés; les rotations magnétiques elles-mêmes ont été mesurées à l'aide du grand électro-aimant de l'Académie à Bellevue, sous une chute de potentiel magnétique de 120.10^3 gauss.cm et rapportées à l'eau en adoptant pour la constante de Verdet de ce liquide, la valeur indiquée par de Mallemann : $\rho_{0,546\mu} = 1{,}542.10^{-2'}$ à 11°,5 (¹). Quelques indices de réfraction ont été mesurés à l'aide du réfractomètre de Pulfrich. L'ensemble de notre travail a été réalisé entre 19° et 21°, et tous nos résultats ont été ramenés à la température uniforme de 20°. Bien que toutes les déterminations aient été effectuées rapidement et que toutes précautions aient été prises pour limiter la décomposition spontanée des solutions, celle-ci ne peut être toujours complètement évitée et il est certain que les mesures effectuées sur l'eau oxygénée ne peuvent être aussi précises qu'elles le sont pour un

(*) Séance du 27 novembre 1950.

(¹) R. de Mallemann, P. Gabiano et F. Suhner, *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 837.

produit parfaitement stable (l'erreur relative peut atteindre théoriquement 1 % dans le cas le plus favorable).

Nos résultats sont résumés dans le Tableau ci-dessous, qui rassemble pour les trois longueurs d'onde $\lambda = 0^{\mu},5780$; $0^{\mu},5461$ et $0^{\mu},4358$, les valeurs des pouvoirs rotatoires spécifique $[\rho]$ et moléculaire $[\rho]_M$ de O_2H_2 déduites des mesures effectuées sur 7 solutions caractérisées par leur titre τ (en grammes pour 100^{cm^3}) et leur densité $D_{4^\circ}^{20^\circ}$.

		$10^2.[\rho]$ (minutes).			$10^2.[\rho]_M$ (minutes).		
τ.	$D_{4^\circ}^{20^\circ}$.	$\lambda = 0,578$.	0,546.	0,436.	$\lambda = 0,578$.	0,546.	0,436.
106,5......	1,345	0,799	0,908	1,53	27,1	30,8	52,0
78,62.....	1,257	0,798	0,903	1,51	27,1	30,7	51,3
74,02.....	1,243	0,796	–	–	27,0	–	–
40,42.....	1,133	0,800	0,900	1,51	27,1	30,6	51,3
31,77.....	1,105	0,800	0,902	1,51	27,1	30,6	51,3
21,38.....	1,070	0,811	–	–	27,5	–	–
21,08.....	1,069	–	0,917	1,55	–	31,2	52,7
Moyenne.....		0,800	0,906	1,52	27,1	30,8	51,7

On peut y ajouter les valeurs moyennes suivantes de la dispersion de rotation (qui est normale), de l'indice de réfraction n (calculé à partir de l'indice de réfraction de quelques solutions) et de la rotativité magnétique (au sens de de Mallemann) (²) $[\Omega]_M$.

	$\lambda = 0,578$.	$\lambda = 0,546$.	$\lambda = 0,436$.
n^{20°..........	1,404	1,406	1,415
$10^2.[\Omega]_M$....	21,8	24,7	41,1

$$\frac{\rho(0,436)}{\rho(0,546)} = 1,67, \qquad \frac{\rho(0,436)}{\rho(0,578)} = 1,90.$$

Il n'existait jusqu'à présent à notre connaissance qu'une seule détermination du pouvoir rotatoire magnétique de l'eau oxygénée, celle de A. Giguère et H. Feeny (³), qui trouvaient pour $\lambda = 0^{\mu},5780$ la valeur $0,824.10^{-2}$ minutes (⁴). Nos résultats, on le voit, conduisent à un chiffre légèrement inférieur.

Ils confirment en tous cas la structure H—O—O—H qu'indiquent les méthodes de détermination de la forme géométrique de la molécule O_2H_2 (⁵)

O


et excluent la structure en chaîne ramifiée, H—O—H à laquelle on pourrait

(²) *J. Phys.*, 7, 1926, p. 295.

(³) *Can. J. Res.*, 21, [A], 1943, p. 69.

(⁴) R. de Mallemann a trouvé d'autre part, à partir d'une solution à 32 % la valeur $0,806.10^{-2'}$. (Communication personnelle.)

(⁵) A. F. Wells, *Structural Inorganic Chemistry*, Oxford, 1947, p. 303.

songer et qui correspondrait à une forme d'eau oxygénée entrevue à basse température ([6]).

Le pouvoir rotatoire magnétique moléculaire de O_2H_2 ($27,1.10^{-2'}$ pour la radiation jaune du mercure) dépasse en effet celui de la molécule OH_2 ($24,6.10^{-2'}$) de $2,5.10^{-2'}$, chiffre du même ordre de grandeur que celui qui correspond à un oxygène oxhydrilique, (exemple : glycol — alcool éthylique $= 5,1.10^{-2'}$).

Dans la mesure où les observations faites antérieurement par l'un de nous et par D. Voigt ([7]) sont susceptibles de généralisation, on pourrait s'attendre au contraire à ce que l'adjonction à la molécule OH_2 d'un atome d'oxygène fixé par une liaison semi-polaire se traduise par un abaissement plus ou moins notable de la rotation magnétique moléculaire.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Mise en évidence de la polarisation rotatoire magnétique à la fréquence de* 3000 MHz. Note (*) de Mme **Jeanne Soutif-Guicherd** et M. **Marcel Lambinet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Description d'un dispositif expérimental permettant d'observer la rotation d'une onde électromagnétique polarisée lors de son passage dans un sel paramagnétique soumis à un champ constant. Premiers résultats de mesures.

A. Kastler ([1]) a proposé l'étude de la polarisation rotatoire magnétique liée à la résonance électronique des niveaux fondamentaux dont il a donné une interprétation théorique. Récemment Ryter et alii ([2]) ont observé ce phénomène dans une cavité résonante à 9400 MHz. Nos expériences poursuivies dans le même moment à l'École Normale Supérieure utilisent une onde progressive de 3000 MHz.

Dispositif expérimental. — 1° *Partie haute fréquence.* — Le dispositif utilisé (*fig.* 1) consiste en un klystron reflex attaquant un guide cylindrique de façon que seul le mode H_{11} soit excité : la figure 1 *a* représente la configuration du champ électrique dans une section droite du guide, P peut être considéré comme le plan de polarisation de cette onde. Le corps C étudié est réduit en poudre et comprimé entre deux disques D de trolitul limitant une épaisseur de substance variant de 1 à 8^cm. La position du plan de polarisation est détectée par l'analyseur A dont la figure 1 *b* présente une coupe : deux sondes S reliées chacune à un cristal détecteur sont montées à angle droit dans une section du

---

([6]) K. H. Geib et Harteck, *Ber.*, 2, 1932, p. 1551.

([7]) F. Gallais, *Bull. Soc. Chim.*, 16, [5], 1949, D, p. 524.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1640.

([2]) Ch. Ryter, R. Lacroix et R. Extermann, *Helv. Phys. Acta*, 23, 1950, p. 539.

guide pouvant tourner autour de l'axe du système, une graduation et un vernier permettant de lire l'angle de rotation. Les courants détectés sont opposés dans un galvanomètre G. Enfin, ce guide se termine par un cône absorbant qui évite toute réflexion de puissance vers la source.

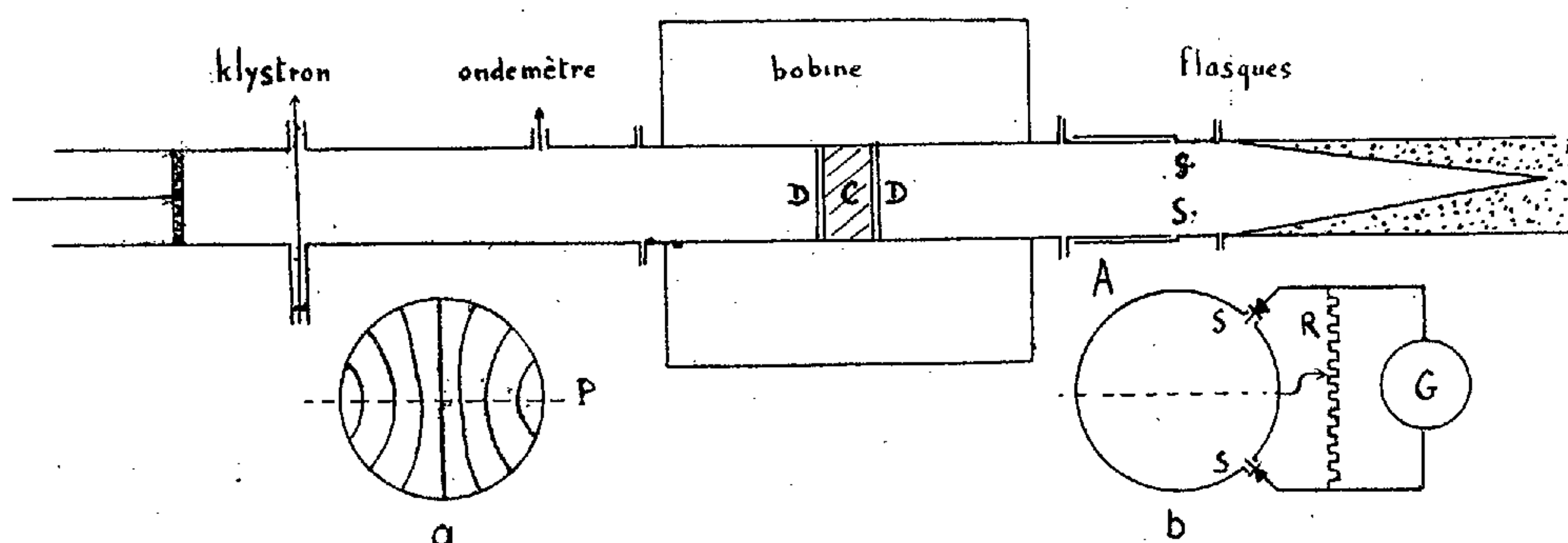


Fig. 1.

A l'équilibre, les sondes sont situées symétriquement par rapport à P ou à sa direction perpendiculaire, dans une région où la variation du champ électrique avec l'angle est très rapide. On obtient ainsi une sensibilité bien supérieure à celle obtenue avec une seule sonde pointant des maxima ou des minima. Ce fonctionnement exige cependant que dans des conditions identiques, chaque cristal fournisse un courant identique. Ceci est obtenu par l'étude successive de chaque cristal employé seul et l'ajustement de la résistance R. Notons enfin qu'il est nécessaire que le guide (diamètre $7^{cm},9$) soit parfaitement cylindrique afin d'éviter toute dépolarisation de l'onde. Dans ces conditions nous avons pu pointer des rotations à $\pm 1'30''$ près.

2° *Le champ magnétique axial.* — Il est produit par une bobine concentrique au guide et de 30^{cm} de long (longueur très supérieure à celle de la substance afin d'opérer sur un champ homogène). Grâce à un refroidissement convenable, cette bobine peut supporter 100 A correspondant à un champ de 200° Oe.

Résultats des mesures. — Nos premières mesures ont porté sur le SO_4Mn anhydre, l'ion Mn^{++} étant dans un état fondamental ^6S qui ne subit pas de décomposition notable par le champ cristallin. En outre, l'ion Mn^{++} est magnétiquement isotrope dans les cristaux, de sorte que l'emploi d'une poudre cristalline n'introduit pas d'élargissement de la bande de résonance. La figure 2 représente nos résultats pour une longueur d'onde $\lambda = 9^{cm},88$. On observe une courbe de dispersion typique avec inversion de la rotation au passage à la résonance. La rotation maximum est d'environ 15 minutes.

Étude du facteur de Landé effectif. — 1° De la valeur du champ de résonance H, on peut déduire le facteur de Landé g grâce à la formule

$$g\lambda H = 2,14.10^4 \qquad \text{(H en œrsteds, } \lambda \text{ en centimètres),}$$

La moyenne de plusieurs mesures nous a donné $g = 1,96$: valeur préliminaire. Un accroissement de la précision est en cours d'étude.

2° *Signe de g.* — Il résulte de la théorie que le signe de la rotation de part et d'autre de la fréquence de résonance est lié au signe du facteur de Landé.

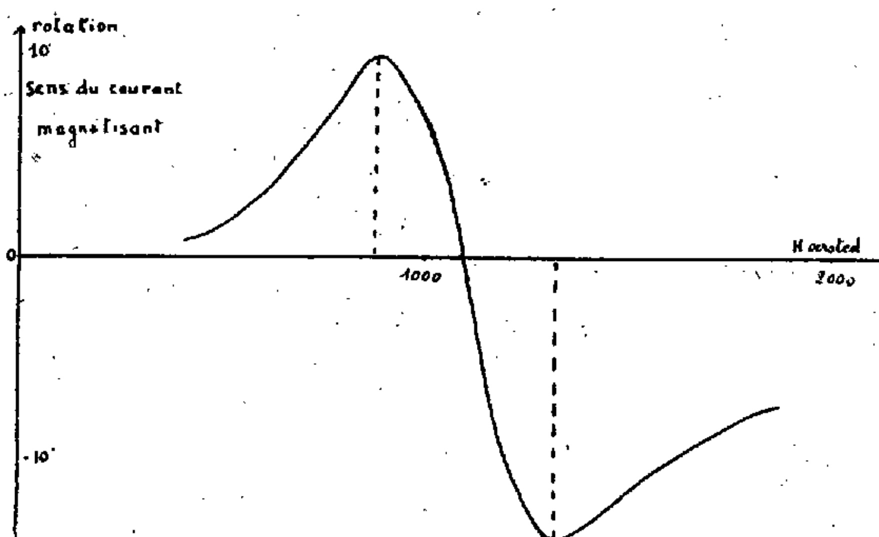


Fig. 2.

A fréquence constante, la rotation est dans le sens du courant magnétisant pour les champs inférieurs au champ de résonance lorsque $g > 0$ et l'inverse pour $g < 0$. Nous avons vérifié dans le cas du sulfate de manganèse le signe + du facteur de Landé.

MAGNÉTO-OPTIQUE. — *Résonance paramagnétique et effet de résonance de la biréfringence magnétique des ondes hertziennes.* Note (*) de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Aimé Cotton.

A la résonance paramagnétique se trouve lié, pour la propagation de l'onde hertzienne parallèlement au champ magnétique, une polarisation rotatoire magnétique, pour la propagation normalement au champ une biréfringence magnétique. Il existe entre ces deux effets la même correspondance qu'entre l'effet Zeeman longitudinal et l'effet Zeeman transversal du domaine optique.

Aux phénomènes de résonance paramagnétique électronique [1] et

---

(*) Séance du 27 novembre 1950.

(1) *Voir* C. J. Gorter, *Experentia*, 4, 1948, p. 453. — Travaux de E. Zavoisky, J. Frenkel, etc., *J. Phys. U. S. S. R.*, 9, 1945, p. 211, 245, 299 et 10, 1946, p. 170, 197; *C. R. Acad. Sc. U. S. S. R.*, 60, 1948, p. 567 et 71, 1950, p. 201, 855. — Travaux des groupes américains, Cummerow, Halliday, etc., *Phys. Rev.*, 70, 1946, p. 433 et 72, 1947, p. 1233, et *Bull. Am. Phys. Soc.*, 23, 1948, p. 13, D 6 et D 7; Weiss, Whitmer, etc., *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 975, 73, 1948, p. 470, 1468, 74, 1948, p. 1478 et 76, 1949, p. 1727; Holden, Kittel, Luttinger, Merritt, Yager, *Phys. Rev.*, 73, 1948, p. 162 et 75, 1949, p. 1443, 1614, 1630. — Travaux du groupe d'Oxford : Bagguley, Bleaney, Griffiths, Penrose, etc., *Nature*, 160, 1947, p. 532, 163, 1949, p. 992 et 164, 1949, p. 116; *Proc. Phys. Soc. London*, 60, 1948, p. 395, 61, 1948, p. 542, 551, 62, 1949, p. 664 et 63, 1950, p. 29, 36, 405, 407, 408, 409; *Phys. Rev.*, 75, 1949, p. 1962.

nucléaire ([2]) est lié un effet de résonance de la polarisation rotatoire magnétique ([3]) qui présente l'allure d'une dispersion anormale au voisinage de la fréquence de résonance. Le signe de la rotation du plan de polarisation de part et d'autre de la fréquence de résonance est lié au signe du facteur de Landé g ou plus généralement au signe du rapport $\Delta E/\Delta m$ lorsqu'il existe un dédoublement initial des niveaux dû au champ cristallin ($\Delta E =$ différence d'énergie, $\Delta m = m' - m'' = \pm 1$). La rotation prévue a été mise en évidence dans le cas de la résonance électronique d'ions paramagnétiques (Mn^{++}) par Ryter, Lacroix et Extermann et par Mme Soutif ([4]). Les mesures ont été faites sur des ondes courtes polarisées se propageant dans un guide d'onde auquel est appliqué un champ magnétique longitudinal. Pour obtenir des bandes de résonance aussi fines que possible on a intérêt à opérer sur les fréquences les plus élevées possibles, donc dans des champs magnétiques élevés. La création, dans un guide d'onde, de champs élevés, parallèles à l'axe du guide, présente de sérieuses difficultés expérimentales; il serait plus aisé d'appliquer au guide des champs H transversaux de grande intensité.

Dans ce dernier cas la symétrie du dispositif correspond au montage employé pour l'étude de la biréfringence magnétique. A un dichroïsme circulaire et à une polarisation rotatoire de l'onde hertzienne dans la propagation parallèle à H correspondent un dichroïsme et une biréfringence rectilignes dans la propagation perpendiculaire à H. Cette connexion est équivalente à celle entre effet Zeeman longitudinal et effet Zeeman transversal.

Dans un trièdre trirectangle maxwellien OXYZ : soient OX la direction du champ magnétique constant H_0, OZ la direction de propagation de l'onde hertzienne polarisée dont le vecteur magnétique H_1 vibre suivant la bissectrice $O\xi$ du quadrant XOY, à 45° de H_0. Désignons par Q le plan d'onde XOY. Nous pouvons décomposer H_1 en deux composantes rectangulaires $H_x \parallel H_0$ et $H_y \perp H_0$. Seul H_y sera affecté par la résonance paramagnétique et subira une absorption qui passera par un maximum au moment de la résonance. Il en résulte, si l'on opère à champ H_0 variable et à fréquence constante, que près de la résonance l'indice de réfraction n_y de la substance paramagnétique sera exalté pour $H_0 > H_r$ et déprimé pour $H_0 < H_r$ ($H_r =$ champ de résonance).

([2]) Travaux de I. I. RABI, E. M. PURCELL, F. BLOCH, etc., cités par M. SOUTIF, *J. Phys.*, 10, 1949, 61 D.

([3]) A. KASTLER, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1640.

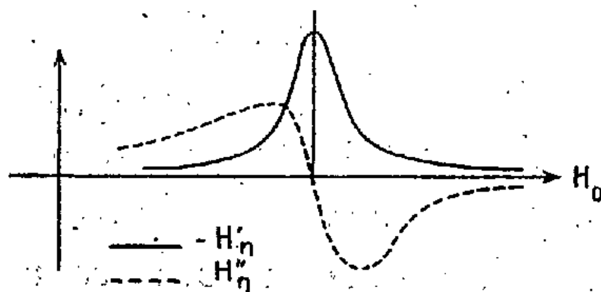
([4]) CH. RYTER, R. LACROIX et R. EXTERMANN, *Helvetica Physica Acta*, 23, 1950, p. 539; CH. RYTER et R. EXTERMANN, *Communication au Congrès de Spectroscopie des radiofréquences*, Amsterdam, 1950, à paraître dans *Physica* 1950; Mme J. SOUTIF et M. LAMBINET, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1460.

Ainsi que dans le domaine optique ([5]) le sens du champ H_0 et le signe de g sont indiscernables lorsqu'on observe dans une direction perpendiculaire au champ magnétique. On prévoit donc les résultats suivants :

1° La vibration émergente sera en général polarisée elliptiquement dans le plan d'onde Q, le grand axe de l'ellipse s'écartant d'autant plus de la direction $O\xi$ vers OX que l'absorption sera plus grande.

2° L'onde émergente contient une composante magnétique H_η suivant $O\eta$ ($O\xi\eta Z$ est un trièdre maxwellien) qui n'est pas en phase avec H_ξ et qu'on peut isoler par une antenne réceptrice linéaire croisée avec l'antenne émettrice. H_η peut être décomposée en vibration H'_η en phase avec H_ξ et en vibration H''_η en quadrature avec H_ξ.

3° H'_η fournit en fonction de H_0 une *courbe d'absorption* avec maximum à $H_0 = H_r$ qui permet d'évaluer le dichroïsme du milieu. H''_η fournit une *courbe de dispersion* qui correspond à la biréfringence du milieu.



Cette esquisse n'est valable que pour la propagation dans l'espace libre à travers une tranche de substance paramagnétique. La théorie des effets magnéto-optiques dans des guides d'onde reste à faire.

La composante de l'onde hertzienne qui subit l'absorption possède un vecteur $H \perp H_0$, un vecteur $E \parallel H_0$, ce qui est conforme aux règles de sélection et de polarisation ([6]) pour l'effet Zeeman transversal d'un rayonnement dipolaire magnétique (vibration σ pour une variation égale à l'unité du quantum magnétique $\Delta m = 1$). Comme dans le cas de la polarisation rotatoire magnétique, on pourra, en transformant le guide d'onde en cavité résonante, augmenter l'ampleur de l'effet au prix de l'état de polarisation défini de l'onde émergente.

([5]) R. Frisch, *Zeits. für Physik*, **61**, 1930, p. 626; A. Kastler, *J. Phys.*, **2**, 1931, p. 139.

([6]) H. Niewodniczanski, *Acta Physica Polonica*, **5**, 1936, p. 111.

POLARIMÉTRIE. — *Étude au polarimètre hertzien des* rotateurs *hélicoïdaux*. Note de MM. **Roger Servant** et **Pierre Loudette**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons décrit, dans une Note précédente (1), un polarimètre hertzien destiné à l'étude des *modèles* macroscopiques de molécules actives. Il nous a paru intéressant, avant d'essayer de matérialiser divers modèles récents comme celui de W. Kuhn, par exemple, d'étudier d'abord des modèles hélicoïdaux.

Ceux-ci sont obtenus en enroulant en hélice, sur un tube cylindrique de bakélite ou de carton, un fil conducteur isolé (fil électrique).

Nous nous placerons ici dans le cas simple où ces hélices comportent une seule spire de fil et où leur tube support est placé dans l'axe du guide d'ondes formant le corps du polarimètre.

En tournant l'antenne polariseur (ou l'hélice en sens inverse) on peut faire varier l'angle α (compté de 0 à 360° dans le sens de l'hélice, à partir de son origine) de la vibration incidente avec le rayon zéro de la section droite de l'hélice. Les résultats sont les suivants :

1° *Rotation du plan de polarisation*. — Pour une hélice étudiée loin de sa région d'absorption et placée dans l'axe du polarimètre, et pour une longueur d'onde déterminée, on trouve qu'à toute vibration rectiligne incidente correspond une vibration rectiligne émergente, ayant tourné d'un certain angle ρ.

Ainsi, pour une hélice (gauche) de $4^{cm},5$ de pas et $d = 19^{cm}$ de diamètre de cercle projetant, et pour une longueur d'onde $\lambda_E = 71^{cm}$, soit dans le guide $\lambda_G = 129^{cm}$, on trouve $\rho = 20°$ pour $\alpha = 45°$. La vibration émergente est bien polarisée complètement puisque le courant débité par l'analyseur passe, à l'extinction, de 7 mA à 0,05 mA seulement.

Cette rotation ρ est une rotation *vraie*, correspondant à l'orientation α. Elle doit être distinguée, comme on le sait (2), de la rotation *apparente* ou moyenne, résultant d'une sommation étendue à toutes les orientations et pouvant être, suivant les cas, nulle ou différente de zéro.

L'expérience montre que ρ dépend de α. La figure 1 représente les résultats obtenus en faisant varier α, pour différentes longueurs d'onde, pour l'hélice $p = 4^{cm},5$, $d = 19^{cm}$.

2° *Dispersion avec la longueur d'onde*. — Le réseau des courbes précédentes

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1052.

(2) M. Lévy, *Ann. Phys.*, 5, 1950, p. 155.

montre que, pour une orientation donnée α, l'angle ρ dépend de la longueur d'onde. La figure 2 donne le relevé de ces variations pour $\alpha = 45°$ et $\alpha = 105°$.

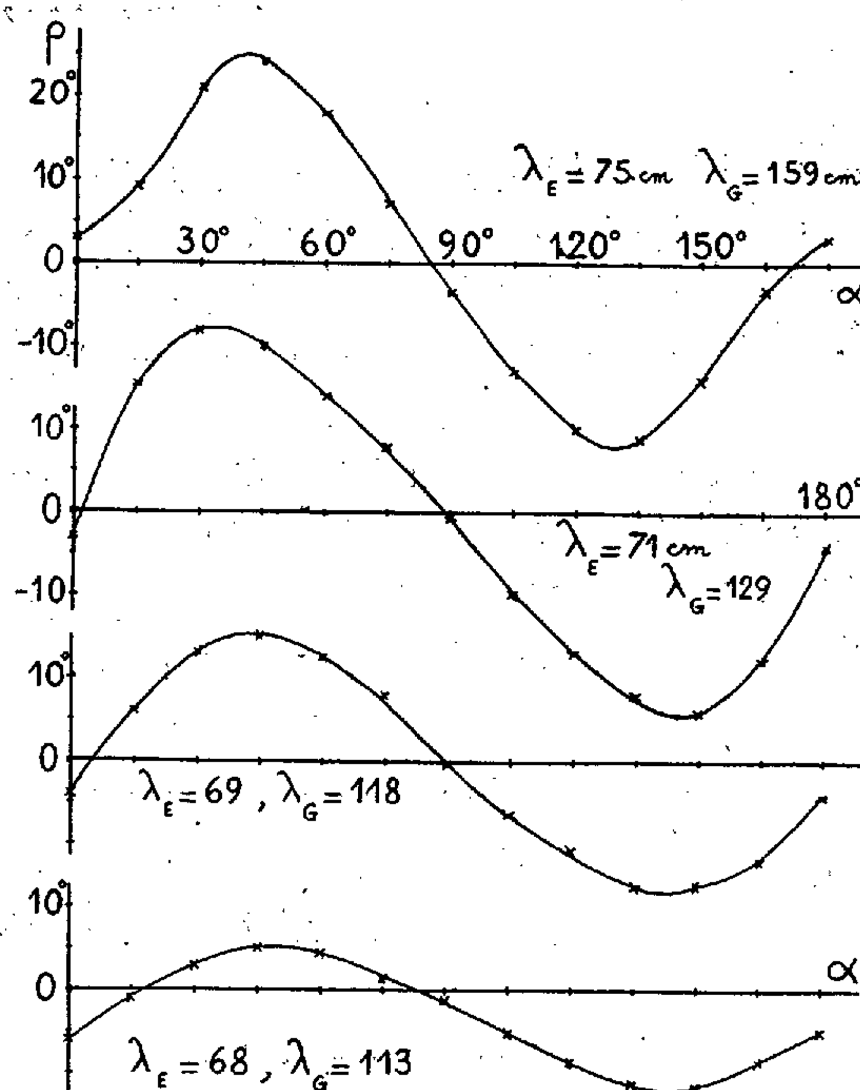


Fig. 1.

Les courbes de dispersion de ρ en fonction de λ présentent une variation rapide au voisinage de la région d'absorption de l'hélice (située ici

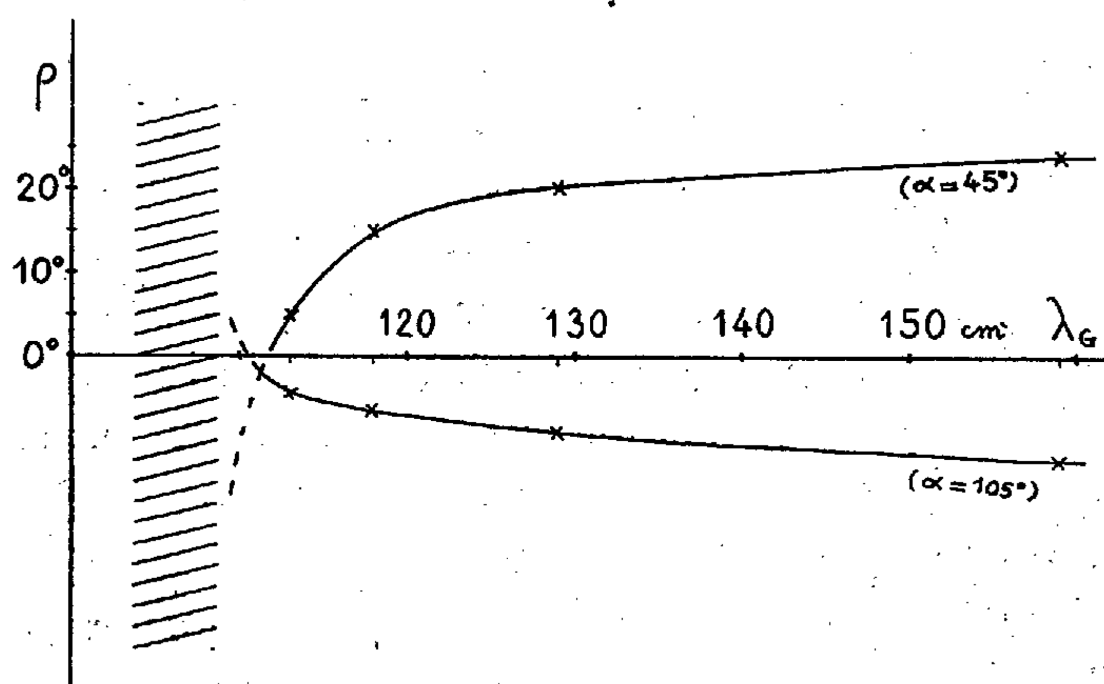


Fig. 2.

vers $\lambda_E = 66^{cm},5$, soit $\lambda_G = 107^{cm}$). Dans cette région apparaissent, comme on le verra bientôt, les phénomènes de dispersion rotatoire anormale et de dichroïsme circulaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur une propriété linéaire commune à tous les éléments émetteurs α des familles naturelles.* Note (*) de M. **Charles Martin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous généralisons l'étude de Marie Curie et G. Fournier sur les relations qui existent entre le nombre $U = 3/4\,A - Z$ et la constante radioactive. Cette analyse fait apparaître une régularité commune aux radioéléments naturels du polonium à l'uranium, et introduit de façon frappante l'influence de la structure des noyaux au voisinage des nombres magiques : 82 protons et 126 neutrons.

La quantité $U = 3/4\,A - Z$, où A est le nombre de nucléons, Z le nombre de protons d'un noyau, a déjà été introduite en physique nucléaire ([1]). Bien que la signification physique de ce nombre n'apparaisse pas clairement, U a la propriété de diminuer d'une unité lors de l'émission d'une particule α dans les désintégrations en filiation.

Depuis trois ans un nombre important de nouveaux émetteurs α ont été créés artificiellement, une liste complète en dénombre actuellement plus de 120 sur lesquels une centaine ont leurs caractéristiques bien déterminées : période, énergie des α, rapport de branchement. Nous avons repris à l'aide de ces données l'étude de Marie Curie et G. Fournier ([2]) qui ne disposaient à l'époque que d'une trentaine de valeurs. Nous portons en abscisse le nombre U et en ordonnées le logarithme à base 10 de la *période* α exprimée en secondes. Nous observons sur ce graphique (*fig.* 1) les faits suivants :

1° Les points relatifs aux divers isotopes d'un même élément se répartissent sur une droite, les isotopes les plus lourds ayant le plus grand log T.

2° Ces droites sont différentes et de pentes croissantes depuis le californium ($Z = 98$) jusqu'au neptunium 93.

3° Les éléments, de l'uranium au polonium, vérifient la même relation linéaire entre U et $\log_{10} T$:

$$\log_{10} T = 2{,}66\,U + 78.$$

4° L'allure du phénomène change brusquement pour les isotopes Fr^{213}, Rn^{212}, At^{211} et Po^{210} qui comportent tous 126 neutrons, il y a renversement des valeurs et la droite remonte vers des périodes élevées après être descendue à des périodes très courtes de l'ordre de 10^{-6} seconde.

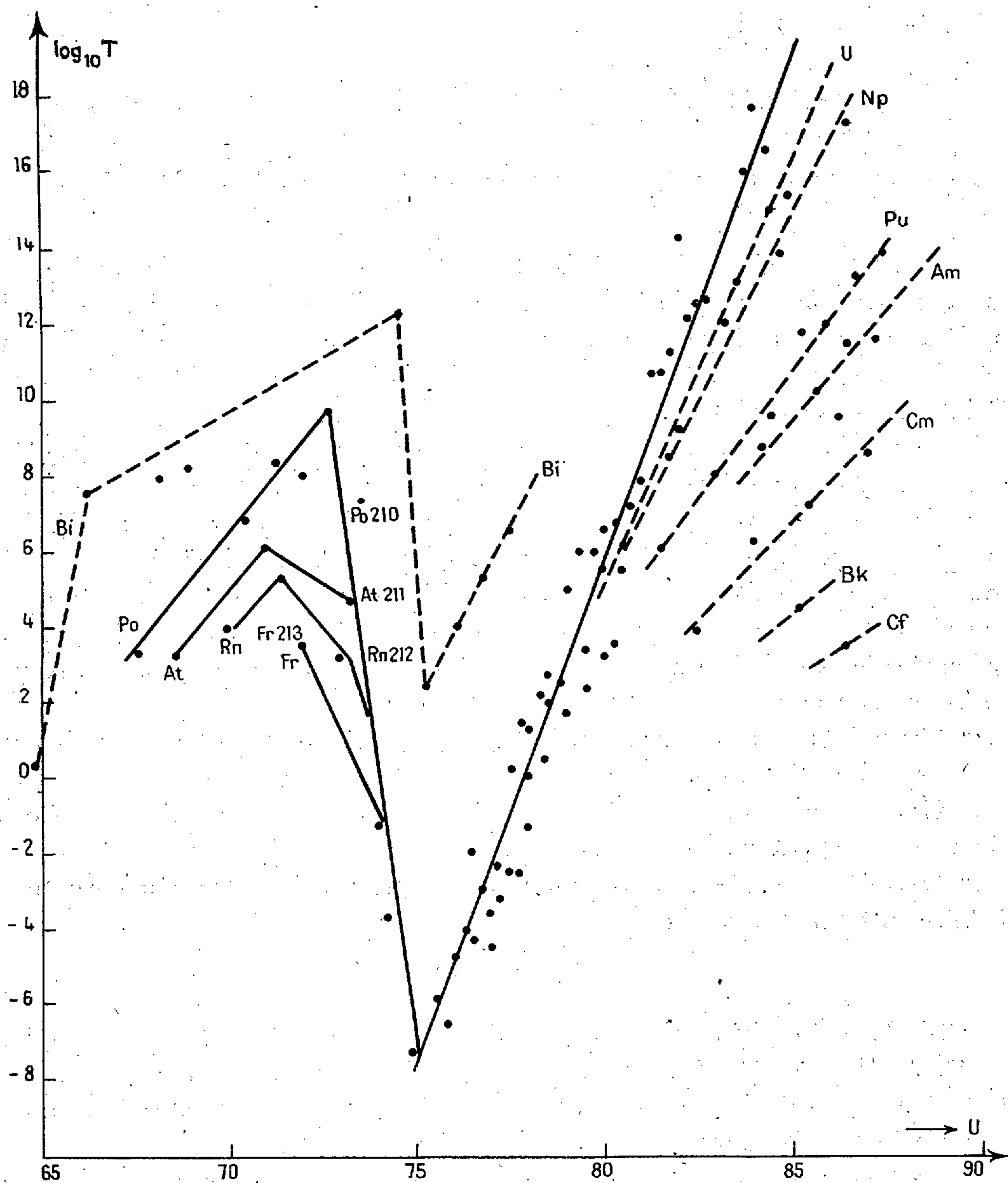
5° Le bismuth (83 protons) est le seul élément qui ne rentre pas dans la série précédente et fait complètement exception.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

([1]) G. Fournier, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 1553; **190**, 1930, p. 1408.

([2]) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 326; Mme I. Curie, *J. Phys. Rad.*, 6, n° 10, 1935, p. 28.

Nous pouvons conclure de ces cinq faits qu'il existe pour les radioéléments émetteurs α une loi commune entre la période (ou la constante radioactive) et



la quantité 3/4 A — Z. Cette loi est perturbée pour les éléments transuraniens. La présence d'une couche pour 82 protons et 126 neutrons entraîne une modification considérable des propriétés radioactives.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Le rayonnement anormal accompagnant les désintégrations* β. Note de M. **Jean Thibaud**, présentée par M. Maurice de Broglie.

J'ai signalé en 1946 et 1947 que, parmi toutes les traces que l'on peut enregistrer photographiquement dans un spectrographe à champ magnétique inhomogène, certaines d'entre elles ne paraissent pas pouvoir être interprétées par l'action des seuls électrons du spectre β.

Il s'agit là d'effets ionisants très faibles, donc sujets à de nombreuses causes d'erreurs et qui nécessitent de multiples et longues expériences : néanmoins après une étude complète de toutes les concentrations spatiales (enveloppes de trajectoires) que peuvent présenter les rayons β dans le champ ([1]), il est possible de séparer dans le spectrographe ce qui doit être imputé à l'effet des β normaux (ou des radiations secondaires des rayons γ ou du bremsstrahlung) et ce qui serait dû à d'autres porteurs d'énergie.

Je suis en mesure de confirmer mes conclusions antérieures, à savoir que ces effets anormaux sont imputables à des particules réagissant au champ magnétique comme des charges négatives, d'une pénétration dans la matière comparable à celle des électrons du spectre β, et qui laissent des traces photographiques dont l'intensité est de 10^{-4} à 10^{-5} celle que pourrait fournir le spectre β. De plus mes expériences plus récentes permettent d'ajouter que le moment cinétique de ces particules est nettement *supérieur* à celui des particules du spectre β correspondant. Enfin ces particules sont négatogènes au contact de la matière : elles pourraient donc être à l'origine des spectres β continus.

1. Dans le spectrographe à champ magnétique faiblement inhomogène (trochoïdes de petit rayon) la raie classique ([2]) est fréquemment accompagnée, avec les préparations à émission β intense et les poses longues, de satellites correspondant sans aucun doute possible à des particules chargées de moment supérieur à celui que présente la limite spectrale β de l'émetteur utilisé. On mesure ainsi des produits $H\rho$ allant de 12000 à 25000 Oe/cm pour le RaC, le RaE (préparé dans notre laboratoire) et pour le P^{32} (produit à l'Établissement Atomique de Harwell). De même, des films disposés équatorialement ([3]) montrent des traces faibles, mais sûres, qui corroborent l'existence de porteurs de moment exceptionnel.

([1]) J. Thibaud, *Revue Scientifique*, 8, 1948, p. 455-463; *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 739 et 914, et J. Lafoucrière, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1950, et *Ann. Phys.* (à paraître).

([2]) J. Thibaud, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 781; *Nuovo Cimento*, 5, 1938, p. 315.

([3]) *Revue Scientifique*, *loc. cit.*, p. 460.

2. Dans mes publications antérieures j'ai décrit des concentrations corpusculaires en forme de V, des traces sagittales ([4]) (et je proposais de les attribuer à des particules ultra-légères chargées). Il est probable que ces aspects anormaux soient dus, comme je le signalais plus récemment ([5]), à ces mêmes porteurs de moment $H\rho$ exceptionnellement élevé, dont les trajectoires se trouveraient focalisées dans certaines zones du plan équatorial ainsi que l'indique la théorie ([6]). Des expériences tendant à déterminer le moment des particules chargées, cause éventuelle de ces traces sagittales [sensibles au champ électrostatique ([7]) : la déviation électrostatique conduirait à une masse de ces particules un peu supérieure à celle de l'électron], donnent des valeurs de $H\rho$ comprises entre 15 et 20.10^3, du même ordre que celles obtenues avec le dispositif du paragraphe 1.

3. Toutefois il est important de mentionner que les conditions d'apparition de ces traces anormales paraissent singulières. Toujours faibles, elles peuvent cependant présenter un renforcement, dans leur intensité, en liaison avec la nature du champ magnétique utilisé (ce qui m'avait conduit, antérieurement, à attribuer un moment magnétique aux particules responsables de ces traces).

La question se pose aussi de savoir si ces particules sont primaires et peuvent donner par leur désintégration une particule secondaire. Certaines expériences me laisseraient penser, en effet, que ces particules pourraient présenter une durée de vie limitée, assez courte (de 10^{-9} à 10^{-10} sec). De plus, sur dix clichés on voit apparaître lorsque les trajectoires de $H\rho = 10^4$ viennent à frapper une lame mince d'aluminium, des enroulements électroniques dont le $H\rho$ est la moitié de celui de la particule négatogène primaire, comme si la particule se désintégrait en β secondaires.

4. On doit rappeler ici une controverse ([8]) ancienne au sujet de l'existence d'électrons d'énergie très élevée dépassant la limite ordinairement admise pour les spectres β. De faibles bandes β, de moment très grand, ont été signalées une fois ([9]) par la méthode de déviation directe, sans avoir pu être confirmées par d'autres auteurs ni par la méthode de focalisation, de sorte que leur réalité est ordinairement mise en doute. Il se pourrait que ces bandes hypothétiques soient à rapprocher des traces produites, dans mes expériences, par les porteurs

---

([4]) Ces traces sagittales se voient sur les clichés p. 458 de *Revue Scientifique, loc. cit.*, ainsi que dans *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 739 (*fig.* 1, 2, 4 et 5) et p. 914 (*fig.* 5 et 6).

([5]) *Revue Scientifique, loc. cit.*, p. 460.

([6]) R. Wallauschek, *Ann. der Phys.*, 117, 1941, p. 565; K. Siegbahn, *Ark. f. Mat. o. Fys.*, 30 A, n° 20, 1944; J. Lafoucrière, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1950.

([7]) *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 914 (*fig.* 5).

([8]) E. Rutherford, J. Chadwick et C. D. Ellis, *Radiations of Radioactive Substances*, Cambridge, 1930, p. 381.

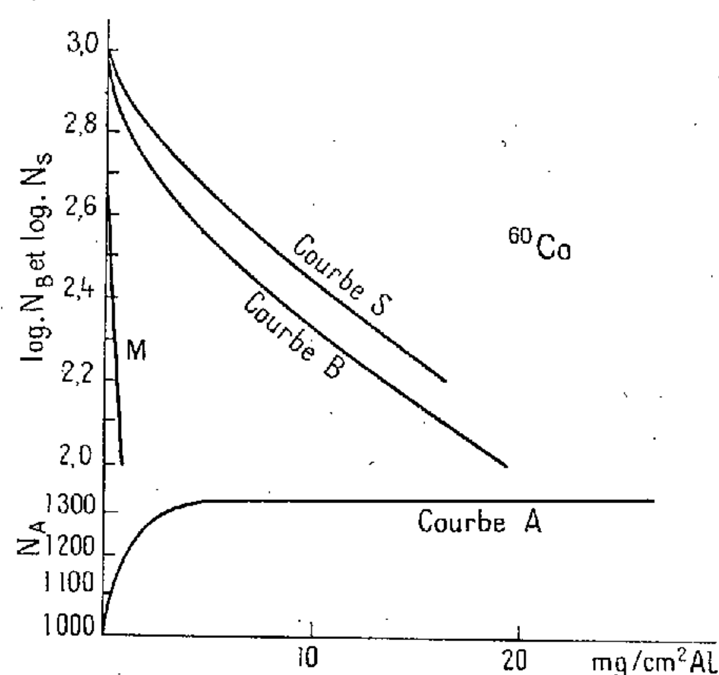
([9]) Yovanovitch et J. d'Espine, *J. Phys.*, 8, 1927, p. 276.

de moment élevé. En tout cas la focalisation paraît possible (résultats du paragraphe 2) à condition d'opérer dans les conditions favorables (§ 3) : la reproductibilité du phénomène est sous la dépendance de champs magnétiques déterminés sur lesquels je reviendrai.

J'insiste sur l'importance théorique de ces particules à moment élevé qui pourraient représenter selon une idée émise il y a 25 ans (10) les particules primaires responsables de la désintégration β.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la possibilité d'émission d'une particule ayant la charge de l'électron et distincte de celui-ci dans la radioactivité β positive et négative.* Note de MM. **C. Charpak** et **F. Suzor**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Afin d'étudier la diffusion en arrière du rayonnement β, nous avons utilisé le dispositif expérimental suivant. Dans le plan passant par l'axe d'un cylindre, se trouve une feuille plane d'aluminium portée par un anneau et au centre de laquelle nous disposons sur une face une source radioactive. De part et d'autre de cette feuille chaque demi-cylindre est un compteur Geiger-Müller recevant le rayonnement émis par la source dans un angle solide 2π : 1° la source est déposée sur une épaisseur h variable d'aluminium; le compteur A reçoit le rayonnement *sans traversée de matière* (la courbe A est la variation du taux de comptage N_A dans le compteur A en fonction de h); le compteur B reçoit le rayonnement à travers l'épaisseur h d'aluminium (la courbe B est la variation de N_B en fonction de h); 2° la source est en sandwich entre deux épaisseurs



égales h d'aluminium (la courbe S est la variation du taux de comptage N_S dans l'un ou l'autre compteur en fonction de h). Les coïncidences entre les deux compteurs ne dépassaient jamais 7 % des taux de comptage.

(10) J. Thibaud, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1925.

La source étant du ^{60}Co, la valeur minimum de h correspondant à son support était 0,17 mg/cm² d'aluminium. Nous avons ramené toutes les expériences, pour $h = 0$, à la valeur standard 1000; cette valeur extrapolée pour $h = 0$ s'obtenait à l'aide de la courbe S, ou plus simplement, et ce qui revenait au même, en prenant la moyenne des points A et B pour $h = 0{,}17$ mg/cm². La courbe A monte très vite à la valeur 1330; la valeur 1200 est atteinte pour 0,6 mg/cm² environ et la valeur 1330 au bout de 5 à 6 mg/cm². De 6 mg/cm² à 1000 mg/cm², cette dernière valeur étant supérieure au parcours du rayonnement β, le taux de comptage ne monte que de 1330 à 1370 (erreurs statistiques $= \pm 25$). La courbe B présente en coordonnées logarithmiques après décomposition, l'aspect suivant : un fond γ de valeur extrapolée 28 pour $h = 0$, une droite D d'absorption-moitié 6 mg/cm² et de valeur extrapolée 650 environ pour $h = 0$ et une droite M de valeur extrapolée 330 environ pour $h = 0$ et d'absorption-moitié 0,4 mg/cm². Le fait remarquable est que pour n'importe quelle épaisseur d'aluminium de $h = 0$ à $h = 6$ mg/cm² la décroissance de la composante molle compense exactement la montée du rayonnement réfléchi vers l'arrière et compté dans A. La même expérience faite avec le $^{99}Tc^*$ donnant *seulement des électrons de conversion*, n'a rien donné de semblable. Compte tenu d'une émission d'environ 40 % d'électrons Auger, nous n'avons trouvé aucune composante molle dans l'absorption, pas de diffusion en arrière au début et seulement une montée lente de la courbe A atteignant environ 5 % à saturation. Pour le ^{60}Co la courbe S présente l'aspect suivant : en coordonnées logarithmiques nous avons dès le début (après soustraction du fond γ) sensiblement une droite parallèle à la droite D de la courbe B décomposée; à partir de 6 mg/cm² environ on passe quel que soit h de la courbe B à la courbe S par multiplication des ordonnées par le facteur constant 1,33 (aux erreurs d'expériences près 4 à 5 %). Pour le $^{99}Tc^*$ au contraire les deux courbes B et S sont rigoureusement confondues. Dans l'or, nous avons pour le ^{60}Co un phénomène du même aspect que dans l'aluminium; *la diffusion en arrière (courbe* A) *atteint aussi vite que dans l'aluminium la valeur de saturation* 1560. Dans l'aluminium pour le ^{32}P et le ^{22}Na les courbes A, B et S présentent le même aspect; pour le ^{32}P, montée de A et droite M de la courbe B correspondent à une absorption-moitié 1,4 mg/cm² d'Al; pour le ^{32}P la courbe A atteint 1200 au bout de 8 à 10 mg/cm² et monte ensuite progressivement pour atteindre la valeur de saturation 1330; pour le ^{22}Na la courbe A atteint 1200 à 2 mg/cm² et monte ensuite progressivement jusqu'à la valeur de saturation 1380.

Nous sommes en présence de phénomènes différents, d'une part pour le rayonnement β(^{60}Co, ^{32}P, ^{22}Na), d'autre part pour les électrons $^{99}Tc^*$). La correspondance exacte dans les 5 à 10 premiers mg/cm² de la montée de la courbe A et de la droite M (composante molle de l'absorption) nous a suggéré l'idée que le rayonnement β serait constitué de particules distinctes des électrons. Ces particules subiraient des chocs inélastiques les

transformant en électrons dans de très faibles épaisseurs, certainement inférieures à 6 mg/cm², de matière traversée. Ces chocs anormaux seraient responsables de l'apparence d'une composante molle dans l'absorption (droite M) et de la partie correspondante de la diffusion en arrière. L'écart constant sur toutes leurs longueurs des courbes B et S, qui ne semble pas pouvoir s'expliquer dans les conceptions classiques (le rayonnement diffusé en arrière étant formé d'électrons moins énergiques que ceux sortant de la source) vient étayer notre hypothèse. Nous insistons sur le fait qu'aucune montée rapide de la courbe A, ni aucun écart entre les courbes B et S n'a été constaté pour les électrons de conversion du ^{99}Tc.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Portées des deux fragments de bipartition de l'uranium dans l'émulsion photographique.* Note (*) de M. **Léopold Vigneron**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les portées moyennes des deux fragments et la portée moyenne d'une paire de fragments dans l'émulsion Ilford E_1 sont :

$$L_1 = 10^{\mu},4 \qquad L_2 = 13^{\mu},4 \qquad L = L_1 + L_2 = 23^{\mu},8.$$

L'écart quadratique moyen autour de la valeur moyenne est $1^{\mu},0$ pour les fragments individuels, $1^{\mu},4$ pour une paire de fragments.

Pour matérialiser l'origine des fissions, nous avons inclu, suivant une technique décrite en collaboration avec M. Bogaardt (¹), des grains microscopiques d'urane dans une émulsion Ilford E_1 qui a été ensuite exposée aux neutrons de la pile.

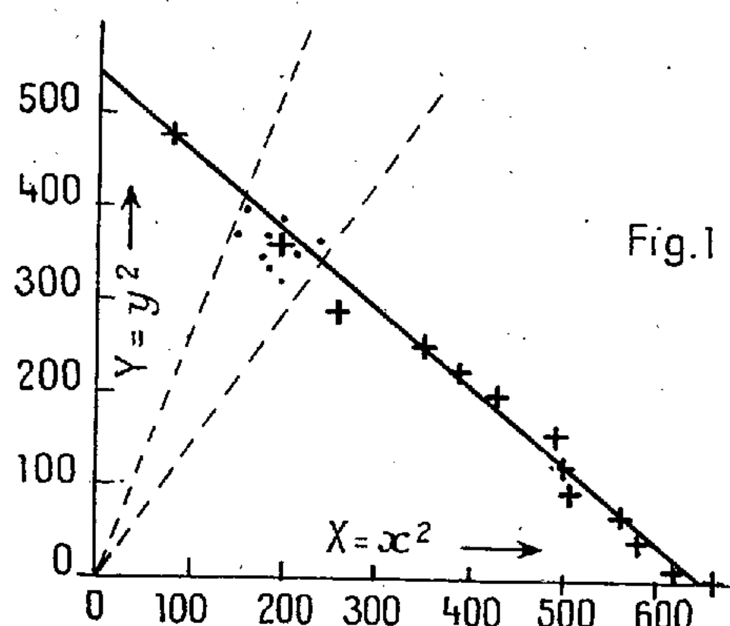
Nous avons éliminé tout grain de diamètre supérieur à $1^{\mu},5$; les diamètres des grains conservés se répartissaient autour de $0^{\mu},9$, avec un écart quadratique moyen de $0^{\mu},4$. On peut donc légitimement : *a.* négliger l'erreur sur les portées due à la différence des pouvoirs d'arrêt de UO_2 et de l'émulsion ; *b.* assimiler l'origine d'une fission au centre du grain d'où elle part sans qu'il en résulte un élargissement sensible des histogrammes de portées des fragments.

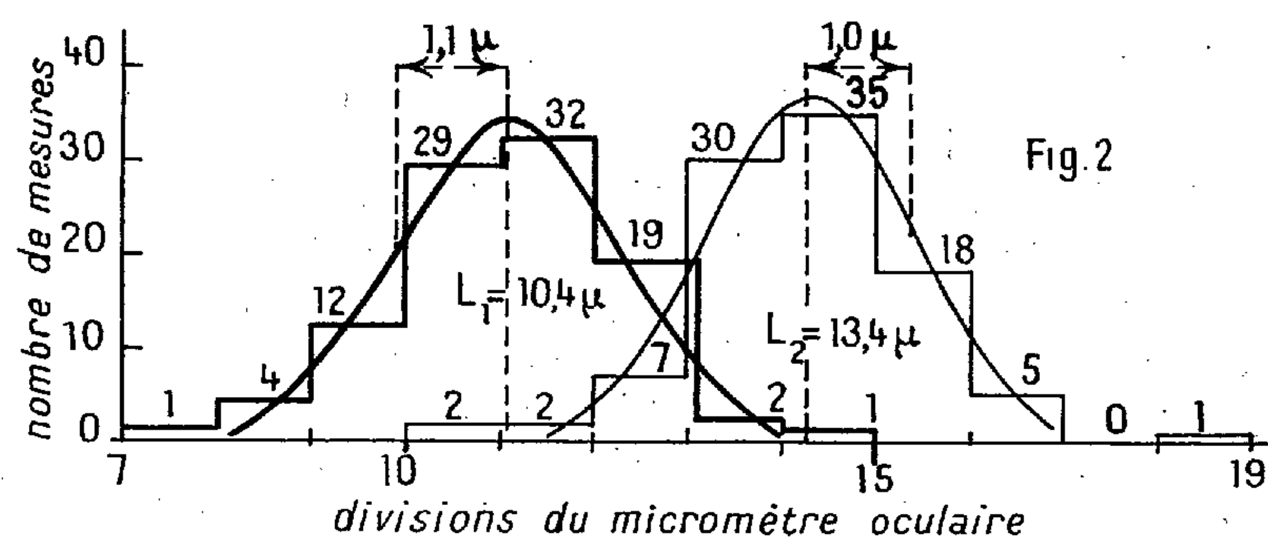
Les fissions tout entières dans un plan horizontal sont rares, nous avons aussi considéré les fissions inclinées : pour chacune nous mesurions les projections horizontales x_1, x_2, $x = x_1 + x_2$ des traces des deux fragments et de la trace totale, ainsi que la projection verticale y de la trace totale. Pour ne pas élargir artificiellement les distributions des portées, nous avons fait ces mesures en appréciant, ce qui est un peu illusoire, le dixième de division. Lors de la reconstitution dans l'espace, nous avons assimilé les traces à des segments de droites, alors que, en fait, elles présentent parfois une légère courbure due aux chocs multiples.

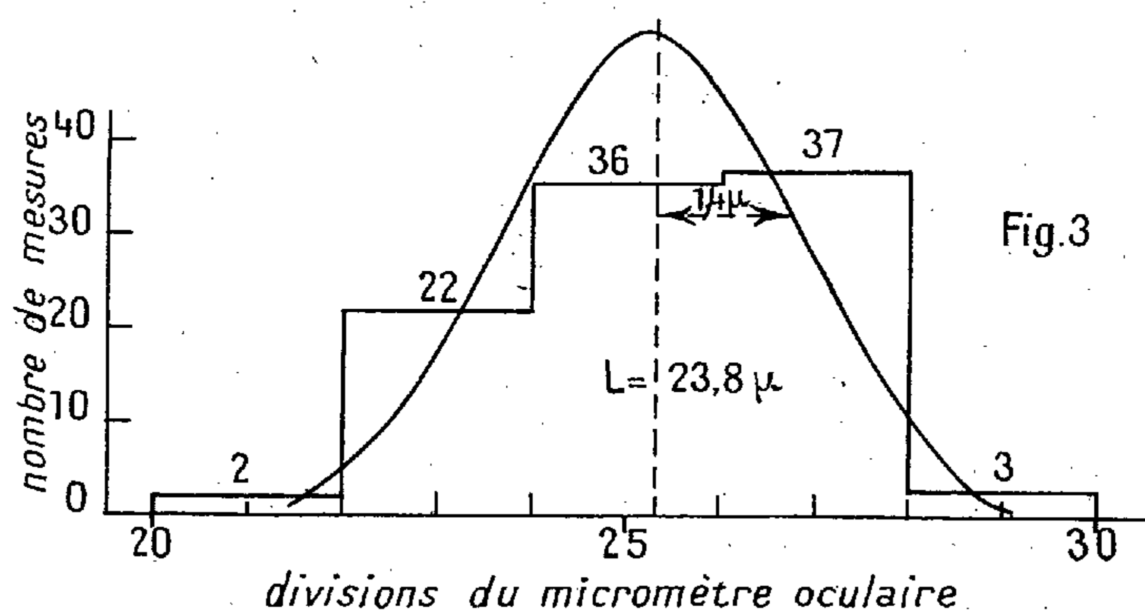
(*) Séance du 6 décembre 1950.

(¹) *J. Phys.*, 11, 1950, p. 283.

Pour reconstituer les traces telles qu'elles étaient dans la plaque non fixée, il suffit ([2]) de multiplier y par un facteur constant k' qui tient compte à la fois de l'affaissement de l'émulsion au fixage et du fait que l'unité de graduation du mouvement vertical lent du microscope n'est pas la même que l'unité correspondant à une division de la graduation oculaire.







Les longueurs totales des paires de fragments fluctuent peu autour d'une valeur moyenne L. Cette remarque nous a permis de déterminer k' (*dans la*

([2]) L. VIGNERON, *J. Phys.*, **10**, 1949, p. 245.

plaque même qui nous intéressait, donc sans erreur systématique) sans être obligé de faire des mesures spéciales d'étalonnage. Rappelons brièvement la méthode que nous avons déjà décrite ([2]).

130 traces sont mesurées dans la plaque fixée, à chacune correspond un point dans le plan en $X = x^2$, $Y = y^2$. Les points sont groupés par séries de 10, on prend le centre de gravité des points de chaque série. Les centres des différentes séries sont alignés sur une droite dont la pente est $-1/k'^2$. Nous avons ainsi obtenu (*fig.* 1) $k' = 1,085 \pm 0,025$.

Les mesures verticales sont un peu moins précises que les mesures horizontales ([3]); à cela s'ajoute une petite imprécision sur k'. Ces deux causes d'erreur perturbent un peu la reconstitution des traces fortement inclinées. Aussi nous n'avons pas reconstitué les portées pour les 30 traces dont l'inclinaison avant fixage était supérieure à 45°.

Pour les 100 traces conservées, les figures 2 et 3 représentent les histogrammes de répartition des portées des fragments individuels et de la portée des fragments associés par paires.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Essai de mise en évidence d'une réaction* (n, α) *du* Fe *provoquée par les neutrons lents.* Note de Mme **Henriette Faraggi**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons déjà signalé ailleurs ([1]) que certaines réactions (n, α) ou (n, p) pourraient être observées par l'action des neutrons lents sur des éléments de Z moyen, en utilisant des émulsions nucléaires imprégnées de l'élément considéré. Pour des éléments tels que Cl, S, Ca, Fe, Zn, les teneurs en énergie des réactions sont positives; en raison de la barrière de potentiel, les sections efficaces σ sont certainement très faibles, et seuls des procédés très sensibles permettront de les déceler. L'utilisation simultanée des émulsions nucléaires et des neutrons lents fournis par une pile doit permettre la mise en évidence de transmutations de $\sigma \geq 5.10^{-29}\,\text{cm}^2$ (imprégnation : $\sim 10^{19}$ noyaux/cm²; flux de neutrons total $\sim 10^{11}$ neutrons/cm²; limite des trajectoires observable 50 par centimètre carré).

Nos premiers essais ont porté sur le fer. On peut espérer ([2]) l'observation de particules α d'énergie comprise entre 5 et 6 MeV. Des émulsions Ilford type D 1, 50μ, ont été imprégnées de citrate ammoniacal de fer; d'après le dosage chimique de l'émulsion imprégnée, la quantité de fer fixée était

---

([3]) L. Vigneron, *Revue de Microscopie*, 2, 1950, p. 26.

([1]) H. Faraggi, *Thèse*, Paris, 1950, p. 39.

([2]) *Science and Engineering of Nuclear Power*, vol. 1, Addison Weslay, 1949; H. A. Bethe, *Elementary Nuclear Theory*, 1947.

de $1,8.10^{18}$ noyaux Fe/cm². Une plaque imprégnée et une plaque non imprégnée servant de témoin ont été irradiées par les neutrons de la pile de Châtillon pendant 10 minutes. Le flux (mesuré par activation d'un détecteur de manganèse étalonné à l'aide d'une source naturelle de neutrons) était au total de $2,34.10^{11}$ neutrons/cm². Les deux plaques étaient développées ensemble immédiatement après l'irradiation.

En l'absence de tout élément imprégnant l'émulsion, on observe au microscope : 1° un très grand nombre de protons de $6^{\mu},4$ provenant de l'action des neutrons thermiques sur l'azote de l'émulsion; 2° quelques protons projetés provenant des neutrons rapides de la pile (environ 1 proton projeté pour 1000 protons d'azote); 3° un voile de fond, formé de grains isolés dus aux rayons γ et aux électrons de désintégration du brome et de l'argent contenus dans l'émulsion. Ce sont ces trois effets qui limitent à environ 10^{12} neutrons/cm² le flux neutronique maximum recevable dans l'émulsion. Dans les conditions de nos expériences, des rayons α, dus à l'élément d'imprégnation, d'énergie supérieure à 1,8 MeV, peuvent être observés sans difficulté.

Sur 18^{mm^2} de l'émulsion au fer, nous avons rencontré 10 trajectoires de longueur comprise entre 12 et 16^{μ}, contenues dans l'émulsion et pouvant être attribuées à des particules α. Malheureusement, des traces analogues se retrouvent avec la même fréquence dans la plaque témoin ne contenant pas de fer : il n'est donc pas légitime de les attribuer à une réaction $Fe^{56}(n, \alpha)Cr^{53}$. Compte tenu du fait que quelques traces très obliques, de l'ordre de 4 à 5 pour 18^{mm^2}, aient pu échapper à l'observation, on peut dire que les α émis par cette réaction sont certainement inférieurs à 27 par centimètre carré. Par suite, *la section efficace de la réaction* (n, α) *sur le fer est inférieure à* 6.10^{-29} cm².

Pendant que ce travail était en cours, nous avons eu connaissance d'un travail analogue de Hanni et Rossel (³), obtenu dans des conditions expérimentales beaucoup moins favorables que les nôtres (neutrons rapides ralentis par 10^{cm} de paraffine). Ces auteurs ont observé des particules α de 18 à 24^{μ} avec une fréquence conduisant à une section efficace de 4.10^{-26}cm². Nous n'avons observé aucune trace aussi longue, et dans les conditions de nos expériences une section efficace de 4.10^{-26} cm² aurait dû nous permettre l'observation d'environ 3000 traces pour 18^{mm^2}, soit environ deux traces par champ microscopique : un effet aussi important n'aurait pas pu nous échapper. Il n'est pas impossible que les trajectoires observées par Hanni et Rossel soient dues, soit à ces différences statistiques entre les quatre plaques (avec et sans fer, avec et sans cadmium) par lesquelles le résultat a été obtenu, soit à une contamination par le polonium de la solution d'imprégnation. De nouvelles mesures sont en cours pour essayer de résoudre ces contradictions.

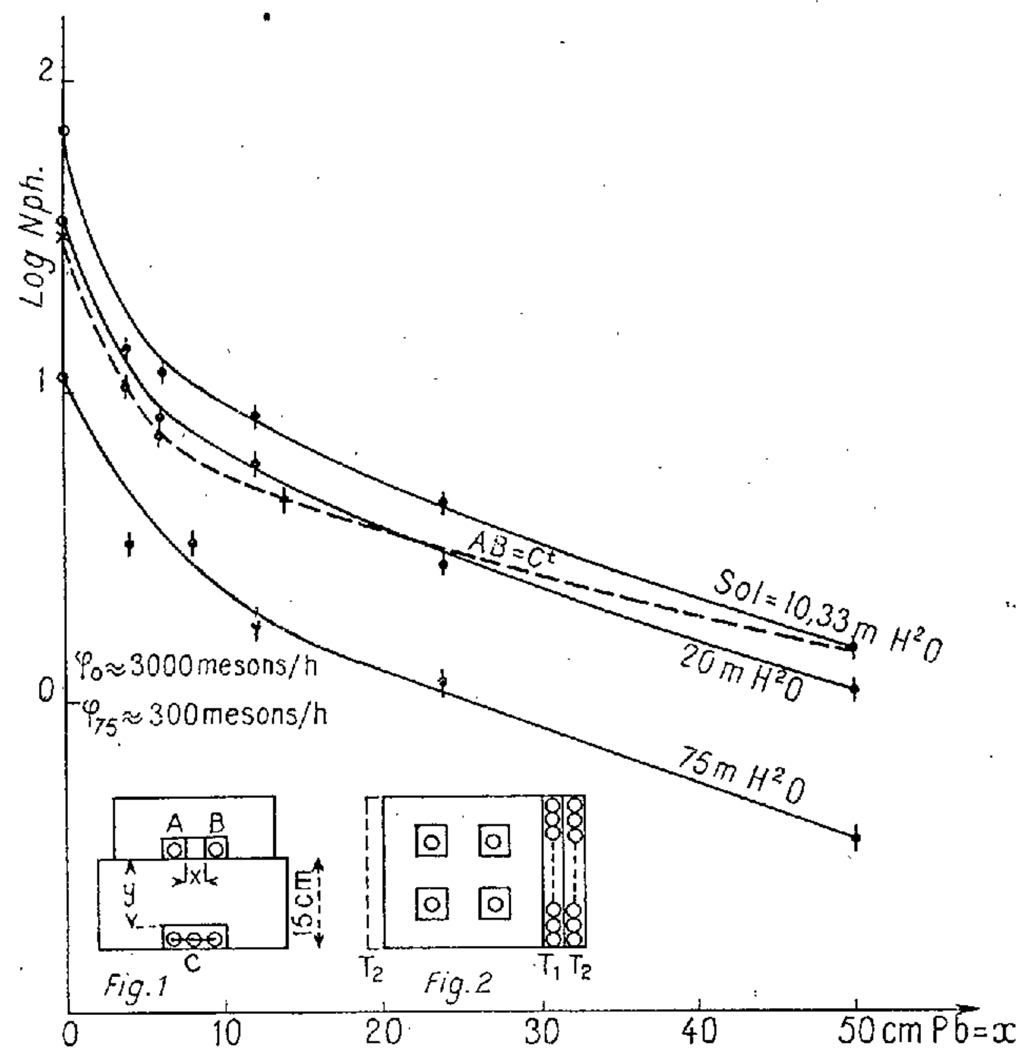
(³) *Helv. Phys. Acta*, **23**, 1950, p. 513.

RAYONS COSMIQUES. — *Sur la nature du rayonnement secondaire des mésons ordinaires*. Note (*) de MM. **Roland Maze** et **Jean Thouvenin**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Théoriquement, l'énergie d'un électron de choc faisant un angle supérieur à 45° avec la trajectoire du méson, doit être pratiquement nulle; les observations faites dans la chambre de Wilson ne sont pas en désaccord sur ce point.

Cependant les expérimentateurs étudiant à l'aide d'arrangements spéciaux de compteurs des explosions nucléaires, des gerbes locales ont remarqué l'influence d'effets secondaires très divergents attribués aux mésons ordinaires.

Ces effets étant peu connus et sous-estimés, nous avons tenté de les préciser de la manière suivante : trois compteurs A, B, C sont montés dans du plomb en coïncidence triple (*fig.* 1), on interpose entre A et B une épaisseur de plomb variable x (de 0 à 5^{cm}) en traçant la courbe $N = f(x)$ à trois niveaux, au sol, sous 5^m de terre et sous 30^m de terre équivalents à 10,3, 20 et 75^m d'eau.



On a vérifié pour différentes valeurs de x que la fréquence est directement liée aux flux de méson traversant les compteurs AB et BC en faisant varier les distances, en associant un banc de compteurs au-dessus du système et enfin par un essai d'absorption des rayons primaires. Les effets observés répondent à

(*) Séance du 30 octobre 1950.

l'image d'un méson traversant AB ou BC, le troisième compteur étant touché par un secondaire divergent ayant pris naissance dans le plomb le long de la trajectoire.

Les trois courbes en traits pleins sont obtenues en écartant A et B en fonction de x (divergence variable), la courbe en pointillé est obtenue en maintenant la distance AB fixe et disposant contre A et B un écran x divisé en deux parties égales (divergence constante) au sol.

Il résulte de cette comparaison que l'effet de décohérence est faible, les courbes pleines représentent donc une mesure du pouvoir pénétrant avec une bonne approximation; leur parallélisme est remarquable pour $x > 1^{cm}$ montrant l'invariance d'une composante dure malgré l'augmentation d'efficacité relative des mésons sous terre consécutive au relèvement du spectre d'énergie (sous 75^{m} d'eau, le facteur de décroissance des secondaires est 2,8 fois plus faible que celui des mésons).

La composante molle provenant de la multiplication et de l'absorption des électrons de choc étant connue, nous avons porté notre attention sur la composante dure : elle est caractérisée par les points suivants :

a. parcours moyen 27 g/cm $\pm$ 5;

b. pour $x = 5$ la fréquence ne change pas lorsque le dispositif est retourné tête en bas (C couvert), dans ces conditions on peut tracer la courbe d'absorption verticale $N = f(y)$ et celle-ci se confondant avec la courbe en pointillé d'absorption horizontale, on en déduit que le rayonnement dur secondaire est isotrope;

c. Soit un système analogue (*fig.* 2) comptant les coïncidences au moins triples entre quatre compteurs, si des particules ionisantes et divergentes sont émises, les bancs T_1, T_2, commandés et juxtaposés contre un côté latéral seront plus souvent touchés en même temps que disposés des deux côtés opposés; on a mesuré au préalable la fraction du flux de mésons capable de traverser T_1, T_2 soit 10 % (accompagnement des coïncidences au moins doubles); ensuite, l'expérience a montré, déduction faite du flux de mésons, que chaque banc est touché par le rayonnement divergent dans 28 % des cas, les deux bancs sont touchés en même temps dans 17 % des cas, et cela juxtaposés ou non; ces évènements simultanés sont donc individuels et caractérisent habituellement un rayonnement de photons.

Nous expliquons ces faits de la manière suivante : le flux de mésons traversant par exemple A et B détermine dans le temps une source grossièrement plane d'électrons de choc, après multiplication et absorption dans le premier centimètre de plomb, ils laissent un résidu de photons diffusés par effets Compton multiples, les photons les plus pénétrants sont ceux qui ont une énergie voisine de l'énergie critique pour le plomb (2 à 10 MV) et un parcours analogue aux rayons γ du radium. La forme de la source, sa diffusion et les

déviations multiples expliquent l'isotropie et le faible effet de décohérence observé.

Comme l'ont montré Hinks et Pontecorvo ([1]), la nature de la composante dure du produit de décomposition des mésons est la même qu'ici, les photons de transparence isotrope sont donc les épigones de tout processus de cascade électronique.

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Cristallisation de solutions de nitrates de potassium et de strontium suivie à l'aide du radiostrontium comme indicateur.* Note (*) de MM. **Jules Pauly** et **Pierre Süe**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'influence de traces de strontium a été examinée dans la cristallisation du NO_3K dans l'eau. Avec des rapports Sr/K variant de 10^{-1} à 10^{-6}, l'entraînement du Sr est identique pour les microcristaux et les gros cristaux.

Le radiostrontium Sr^* de période 55 jours, émetteur de rayons β^- et fourni par le Commissariat à l'énergie atomique, a été utilisé pour étudier la répartition de strontium lors de la cristallisation de NO_3K conduite de manière à obtenir des microcristaux et des gros cristaux.

Les différences des deux cations du point de vue rayon ionique (K^+ : 1,33; Sr^{++} : 1,13 Å), valence (1 et 2), système cristallin des nitrates [NO_3K orthorhombique; $(NO_3)_2Sr$, $4\ H_2O$ monoclinique] sont suffisantes pour que la règle de Mitscherlich semble exclure l'isomorphisme.

Les cristallisations ont été effectuées avec des rapports

$$\frac{[(NO_3)_2(Sr + Sr^*)]}{NO_3K}$$

variant de 10^{-1} à 10^{-6}; la quantité de NO^3K utilisée était voisine de 6^g.

Pour préparer les microcristaux nous avons refroidi dans la glace, sous agitation énergique, une solution de nitrate de potassium saturée à 15° contenant du $(NO_3)_2Sr^*$ et des quantités variables de $(NO_3)_2Sr$. Les microcristaux obtenus en 15 minutes sont lavés deux fois par agitation avec une solution de NO_3K voisine de la saturation, puis rincés sur Buchner avec de l'alcool à 50 %.

Pour vérifier que ce traitement suffit à dissoudre les ions Sr^{++} éventuellement retenus en surface, les essais suivants furent effectués; après 2 lavages avec la solution de NO_3K, la quantité de $(NO_3)_2$ $(Sr + Sr^*)$ par gramme de NO_3K solide est de $90 \pm 5\,\gamma$, avec 4 ou 6 lavages consécutifs, cette dernière valeur ne varie pratiquement plus : 80 ± 5 et 85 ± 5. Les microcristaux sont

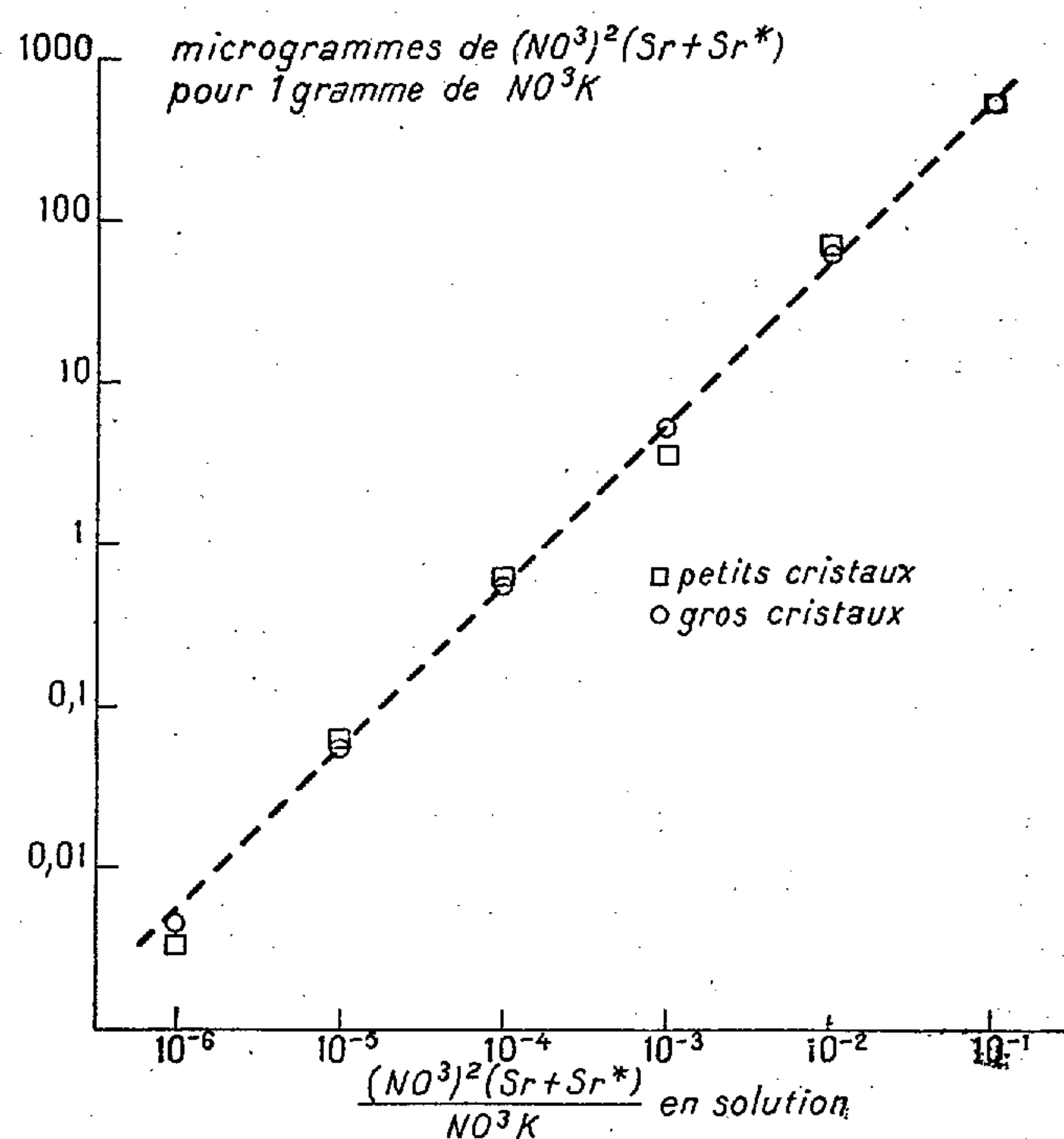
([1]) *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 102.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

tamisés et l'on n'utilise que la fraction qui passe au tamis 150 (cristaux de $0^{cm},02$ de longueur).

Les gros cristaux (longueur $\sim 1^{cm}$) sont obtenus en refroidissant lentement le mélange pendant 48 heures de 32 à 20° dans un récipient fermé. Ils sont broyés et l'on emploie la portion qui passe au tamis 150 de façon à avoir toujours la même grosseur et ainsi une absorption égale du rayonnement.

La mesure de l'activité est faite au compteur, dans un récipient annulaire à paroi intérieure en rhodoïd très mince, sur $0^{g},8$ de poudre. Les activités des échantillons ramenées à une même origine, soustraites de l'activité naturelle due au potassium, sont comparées à un étalon préparé en mélangeant $0^{\gamma},3$ de $(NO_3)_2Sr^*$ dans $0^{g},8$ de NO_3K.



Le résultat des mesures se traduit par la courbe (*fig.* 1) où l'ordonnée exprime la quantité de $(NO_3)_2(Sr + Sr^*)$ en γ qui se trouve dans 1^{g} de cristaux, et l'abscisse les rapports $[(NO_3)_2(Sr^* + Sr)]/NO_3K$ dans les solutions qui ont servi à effectuer les cristallisations. On constate que l'entraînement du strontium est identique pour les micro et les gros cristaux, bien que le rapport de leurs surfaces soit de l'ordre de 90/1. Avec la représentation logarithmique adoptée, l'entraînement varie linéairement avec la concentration du strontium dans la solution. En première approximation on peut admettre que celui-ci est une fonction en c^{α}, où c est la concentration du strontium en solution et α une constante égale à la pente de la droite, qui est voisine de 1.

CHIMIE PHYSIQUE. — *L'isomérie rotationnelle des alcools aliphatiques à chaîne linéaire.* Note de M. **Charles Berthelot**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres Raman du méthanol, de l'éthanol, du *n*-propanol et du *n*-butanol, excités par 2 536 et 4 047 Å ont été photographiés à + 32°C et à basses températures à l'état liquide (— 80°C) et à l'état solide (— 138°C).

Nous avons constaté de notables variations d'intensité des raies Raman avec la température dans la région s'étendant de 300 à 1 500 cm^{-1}. Le changement d'intensité des raies peut s'expliquer par l'isomérie rotationnelle : la rotation gênée autour des liaisons C—C ou C—O peut présenter des minima de potentiel de profondeurs différentes et, par suite, deux configurations de *concentrations* différentes, variables avec la température suivant la loi de Boltzmann.

Appliquant aux alcools la méthode proposée par Langseth et Bernstein [1] qui permet de déterminer la différence d'énergie de deux isomères rotationnels, nous avons trouvé en mesurant le rapport d'intensité d'une paire de raies (I_1 et I_2) à 32 °C et à — 80 °C, les différences d'enthalpie suivantes :

$$\mathrm{Log}\,R = \mathrm{Log}\,\frac{\left(\frac{I_1}{I_2}\right)_{305\,°\mathrm{K}}}{\left(\frac{I_1}{I_2}\right)_{193\,°\mathrm{K}}} = \frac{\Delta H}{1,986}\left(\frac{1}{305} - \frac{1}{193}\right).$$

Pour le *n*-propanol :

1° paire de raies 893 et 910 cm^{-1} : $R_1 = 2,36 \rightarrow \Delta H_1 = 902$ cal/mol;

2° paire 793 et 828 cm^{-1} : $R_2 = 2,42 \rightarrow \Delta H_2 = 927$ cal/mol;

3° paire 1255 et 1305 cm^{-1} : $R_3 = 1,84 \rightarrow \Delta H_3 = 641$ cal/mol;

4° paire 1320 et 1370 cm^{-1} : $R_4 = 2,00 \rightarrow \Delta H_4 = 928$ cal/mol;

d'où la valeur moyenne de ΔH :

$$\Delta H_{\mathrm{moy}} = 820 \pm 180 \text{ cal/mol.}$$

Ce nombre n'est pas très différent de celui qui correspond aux isomères du *n*-butane (Szasz, Sheppard et Rank) [2] :

$$\Delta H_{\mathrm{moy}} = 785 \text{ cal/mol} \pm 165.$$

Pour le *n*-butanol, nous avons trouvé :

1° paire 885 et 831 cm^{-1} : $R_1 = 2,01 \rightarrow \Delta H_1 = 734$ cal/mol;

2° paire 831 et 964 cm^{-1} : $R_2 = 1,96 \rightarrow \Delta H_2 = 707$ cal/mol;

3° paire 359 et 462 cm^{-1} : $R_3 = 1,73 \rightarrow \Delta H_3 = 576$ cal/mol;

soit une valeur moyenne de $\Delta H_{\mathrm{moy}} = 670 \pm 190$ cal/mol.

---

(1) *J. Chem. Phys.*, **8**, 1941, p. 410.

(2) *J. Chem. Phys.*, **16**, 1948, p. 704.

Pour le *n*-pentane, S. Mizushima et H. Okazaki ont trouvé [3]

$$\Delta H_{moy} = 615 \text{ cal/mol.}$$

Les valeurs obtenues pour le *n*-propanol et le *n*-butanol sont donc de même ordre de grandeur que pour le *n*-butane et le *n*-pentane qui possèdent respectivement le même nombre d'atomes dans la chaîne.

Il semble aussi que la structure de l'isomère le plus stable à basse température doit être la même pour les alcools que pour les hydrocarbures correspondants : configuration plane et en zig-zag. Mais contrairement au *n-propane*, molécule parfaitement symétrique, *l'éthanol* présente des isomères rotationnels dont la différence d'enthalpie moyenne est de 1024 ± 210 cal/mol.

1° paire de raies 880 et 1112 cm^{-1} : $R_1 = 3,05 \rightarrow \Delta H_1 = 1172$ cal/mol;
2° paire de raies 1024 et 1060 cm^{-1} : $R_2 = 3,00 \rightarrow \Delta H_2 = 1154$ cal/mol;
3° paire de raies 1235 et 1278 cm^{-1} : $R_3 = 2,16 \rightarrow \Delta H_3 = 809$ cal/mol;
4° paire de raies 411 et 440 cm^{-1} : $R_4 = 2,50 \rightarrow \Delta H_4 = 963$ cal/mol.

L'isomérie dans ce cas ne peut être due à la rotation gênée autour de la liaison C — C, mais seulement autour de la liaison C — O, l'atome d'hydrogène oxhydrile pouvant se placer par rapport au groupement CH_3 dans les positions *cis*, gauche et *trans*. Cette dernière hypothèse a déjà été suggérée par R. Badger et S. Bauer [4] pour expliquer l'existence de deux bandes OH dans l'absorption infrarouge de l'éthanol à l'état de vapeur.

L'association des molécules d'éthanol à l'état liquide ne détruit pas cette isomérie.

L'isomère le plus stable dans l'éthanol à basse température paraît être la forme *cis* qui présente la barrière de potentiel de rotation gênée la plus élevée (Aston, Isseron, Szasz et Kennedy) [5].

CHIMIE-PHYSIQUE. — *Sur les spectres d'émission de l'ammoniac et l'ammoniac lourd excités par chocs électroniques. Spectre d'émission du radical* ND. Note de Mlle **Hélène Chauvin** et M. **Sydney Leach**, présentée par M. Jean Cabannes.

Les spectres d'émission de NH_3 et de ND_3 excités dans un tube à décharge du type Schüler ont été pris à trois pressions différentes : (I) environ 0,1 mm Hg, (II) environ 1 mm Hg, (III) environ 5 mm Hg. Les temps de poses étaient de l'ordre d'une heure. Pour les conditions expérimentales voir [1]. La précision

(3) *J. Am. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3411.
(4) *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 711.
(5) *J. Chem. Phys.*, 12, 1944, p. 336.

(1) S. Leach, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2181.

des mesures de fréquences était environ $\pm 0,5\ cm^{-1}$. Le ND_3 a été préparé à partir du nitrure de Mg et de D_2O, le NH_3 était un produit commercial.

L'aspect du spectre d'un même corps est différent aux trois pressions comme le montre le tableau I.

TABLEAU I.

	$p = 5$ mm Hg.			$p = 1$ mm Hg.		$p = 0,1$ mm.
N_2	Système 2ᵉ positif			Système 2ᵉ positif		Système 2ᵉ positif Système 1ᵉʳ positif
N_2^+	–			Système $^2\Sigma - {}^2\Sigma$ (faible)		Système $^2\Sigma - {}^2\Sigma$
H_2, D_2	Présent (faible)			Présent		–
H, D	$H_\beta(D_\beta)$ $H_\gamma(D_\gamma)$			$H_\beta(D_\beta)$ $H_\gamma(D_\gamma)$		$H_\beta(D_\beta)$ $H_\gamma(D_\gamma)$
				λ NH.	λ ND.	
NH, ND	Système $^1\Pi - {}^1\Sigma$		(0, 0)	4 502	4 485 (*)	NH absent ND très faible
	Système $^1\Pi - {}^1\Delta$		(0, 1)	3 610	3 501 (*)	
			(0, 0)	3 240	3 235	
			(1, 0)	3 035	3 075 (*)	
	Système $^3\Pi - {}^3\Sigma$		(0, 0)	3 360	3 356 (*)	
			(1, 1)	3 370	3 371 (*)	
Bande α (NH_2?, ND_2?)	Présent 4 200 — 6 400 Å			–	–	Absent

(*) Bande nouvelle.

La bande α de NH_3 qui s'étend de 4200 à 6400 Å (limite de sensibilité des plaques photographiques employées) consiste en un grand nombre de raies sans structure de vibration apparente et elle a été observée par plusieurs auteurs ([2]), ([3]), ([4]). Elle est généralement attribuée au radical NH_2. Les spectres de NH_3 et de ND_3 sont très différents l'un de l'autre dans cette région. Nous avons mesuré 350 raies entre 4200 et 6400 Å pour NH_3 dont 160 environ n'avaient pas été signalées précédemment. Le spectre de ND_3 dans cette région contient 400 raies dont certaines paraissent se grouper en bandes de vibration d'apparence analogue vers λ 4180, 4485, 4640, 5065, 5205 et 5930 et qui semblent toutes dégradées vers le rouge.

Nous avons pu analyser la bande à 4485 Å et nous l'avons identifiée comme la bande $\Pi^1 - {}^1\Sigma(0,0)$ du radical ND correspondant à la bande de la même transition qui se trouve à 4502 Å pour NH ([5]). Les valeurs des constantes calculées à partir de cette analyse sont données au tableau II.

([2]) W. B. Rimmer, *Proc. Roy. Soc.*, A **103**, 1923, p. 696.

([3]) A. Fowler et J. S. Badami, *Proc. Roy. Soc.*, A **133**, 1931, p. 325.

([4]) H. G. Wolfhard et W. G. Parker, *Proc. Phys. Soc.*, **62**, 1949, p. 722.

([5]) R. W. Lunt, R. W. B. Pearse *et* E. C. W. Smith, *Proc. Roy. Soc.*, A **151**, 1935, p. 602.

TABLEAU II.

$B' = 7,6 \pm 0,1$ cm^{-1},	$B'' = 8,8 \pm 0,1$ cm^{-1};
$I' = 3,68 \pm 0,05 \cdot 10^{-40}$ g/cm^2,	$I'' = 3,30 \pm 0,05 \cdot 10^{-40}$ g/cm^2;
$r'_0 = 1,126 \pm 0,007$ Å,	$r''_0 = 1,095 \pm 0,007$ Å;
$\{r'_0(NH) = 1,132$ Å$\}$,	$\{r''_0(NH) = 1,102$ Å$\}$;

$$\nu_0' = 22\,235 \pm 1,5 \text{ cm}^{-1},$$
$$\{\nu_0(NH) = 22\,108 \text{ cm}^{-1}\}.$$

La précision des mesures n'était pas suffisante pour calculer la constante de rotation D, mais celle-ci doit être de l'ordre de $-0,4.10^{-3}$ cm^{-1}. Quand on passe de NH(0,0) à ND(0,0), on constate un rapprochement des atomes qui est du même ordre de grandeur aux deux états. Le déplacement isotopique électronique de la bande (0,0) est 127 cm^{-1}.

D'autre part, nous avons analysé la bande située à 5205 Å et qui semble être due à une transition $^1\Pi - ^1\Sigma$. L'analyse donne $B' = 6,3 \pm 0,1$ cm^{-1}, $B'' = 7,3 \pm 0,1$ cm^{-1}. Si l'on suppose qu'il s'agit du radical ND et de la même transition électronique qui a donné lieu à la bande (0,0) à 4485 Å, il nous manque des données sur les fréquences de vibration à l'état $^1\Sigma$ pour préciser les nombres quantiques de vibration qui seraient excités aux deux états électroniques. Étant donné le grand changement des valeurs de B par rapport à celles trouvées pour la bande à 4485 Å, il serait prématuré d'attribuer la bande à 5205 Å à la même transition $^1\Pi - ^1\Sigma$ qui est à l'origine de la bande à 4485 Å.

Il semble possible que la bande α de ND_3 consiste en grande partie d'un grand nombre de bandes superposées du radical ND, la structure plus serrée de celles-ci rendant la découverte des têtes de bandes plus facile que pour NH_3.

Finalement il faut noter que dans nos spectres de NH_3 nous n'avons pas trouvé la bande diffuse avec maxima d'intensité vers 5635 et 5670 Å que Schuster ([6]) a attribuée à NH_3 et que Rimmer ([3]) a également trouvée dans son spectre de NH_3.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un curieux exemple d'adsorption et de purification en phase solide.* Note de MM. **Edgard Bellet** et **Pierre Levert**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les propriétés adsorbantes que possèdent certaines terres argileuses, du type Montmorillonites plus ou moins activées, sont connues depuis longtemps

([6]) *Report British Association*, 1872, p. 38.

et leur emploi comme agents de clarification, de décoloration et de purification est aujourd'hui chose courante.

Il est donc normal que nous ayons cherché à les utiliser dans la purification des différents hydrocarbures solides de l'industrie gazière en général, et de la naphtaline en particulier.

Comme tous les produits obtenus en partant des goudrons de houille, la naphtaline est assez difficile à purifier du point de vue industriel, car s'il est relativement aisé d'obtenir des naphtalines dont les points de fusion sont de l'ordre de 78°,5 à 78°,7, il est beaucoup plus difficile d'obtenir industriellement des naphtalines à haut point de fusion de l'ordre de 79°,7 à 79°,9 par exemple.

C'est en cherchant à réaliser une telle purification que nous avons pu constater les faits constituant l'objet de la présente Note.

Lorsqu'on mélange intimement, à la température ordinaire, une naphtaline courante dont le point de fusion est de l'ordre de 78°,5 avec 10 % environ d'une terre décolorante du type *Clarsil*, on constate que l'ensemble de la masse se colore très rapidement en rose. Cette coloration se développe en surface, ce qui tendrait à prouver que l'air participe à cette réaction.

Si on laisse ainsi le tout en contact, pendant vingt à trente heures, en renouvelant fréquemment les surfaces de contact, la masse se colore alors totalement en rose.

Si à ce moment on traite le tout par le benzène et si l'on élimine la terre par filtration, on constate :

1° que la terre seule s'est colorée;

2° que la solution benzénique, totalement incolore donne, après distillation du benzène, une naphtaline très purifiée dont le point de fusion qui était primitivement de 78°,5 est passé à 79°,6.

On peut donner de ces faits, diverses interprétations dont l'exposé dépasserait le cadre de cette Note. Nous nous bornons à signaler simplement cette curieuse action de purification d'un produit solide (naphtaline) par simple contact avec un autre produit solide (terre décolorante), car nous pensons qu'il n'existe guère d'exemple de faits semblables où le simple mélange de deux composés solides puisse purifier l'un d'eux.

Notons en terminant que cette coloration rose prise par un mélange de naphtaline ordinaire avec une terre colorante du type *Clarsil* peut constituer un test de pureté de la naphtaline, car un produit pur, dans les mêmes conditions, ne donne aucune réaction colorée. Il suffit par contre de moins de 1/100 d'impureté dans une naphtaline pour que cette coloration rose apparaisse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la relation entre le taux de solvatation des acétates de cellulose partiellement saponifiés et leur affinité tinctoriale.* Note (*) de MM. **Jean Rosset** et **René Paris**, présentée par M. Pierre Jolibois.

Nous avons signalé antérieurement ([1]) que par saponification progressive, la rayonne d'acétate de cellulose conduisait à une série de produits intermédiaires dont l'affinité tinctoriale était supérieure à celle de la cellulose obtenue en fin de réaction. Un maximum, assez aplati, correspond à des teneurs en acide acétique très légèrement inférieures à la composition théorique du monoacétate. Un examen systématique de l'évolution de différentes propriétés physiques de ces acétates intermédiaires ([2]) ne nous avait pas permis d'interpréter cette importante anomalie.

Champetier et Clément, utilisant un procédé apparenté à la méthode des restes de Schreinemakers pour la détermination de l'eau de solvatation de la cellulose et de ses dérivés ([3]) ([4]), ont mis en évidence, dans le cas particulier des acétates ([5]), l'existence d'un maximum d'hydratation, de l'ordre de 3^{mol} d'eau par groupe C_6, pour des compositions avoisinant le monoacétate. Leurs échantillons avaient été obtenus par saponification acide, en milieu homogène, d'un acétate à 54,5 % d'acide acétique. Cette hydrolyse n'avait pas permis à ces auteurs d'obtenir des échantillons à moins de 38,9 % d'acide acétique, mais quelques résultats publiés par Tankard ([6]), pour des teneurs beaucoup plus faibles, leur avaient servi à tracer une courbe approximative dans ce domaine.

Il nous a paru intéressant d'appliquer ce procédé à nos échantillons d'acétate de cellulose saponifiés par l'ammoniaque ([1]) ([2]).

Nos résultats, consignés dans le tableau, sont en accord, aux erreurs expérimentales près, avec ceux de Champetier et Clément, dans la zone où ils avaient travaillé. Pour des teneurs d'acide acétique inférieures à 40 %, nous constatons qu'il apparaît effectivement un maximum du taux d'hydratation au moment où l'on passe par la composition du monoacétate de cellulose.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 663 et *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, p. 334.

([2]) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 920.

([3]) *Ann. Chim.*, 20, 1933, p. 5.

([4]) *Ann. Chim.*, 12, 1947, p. 420.

([5]) *Bull., Soc. Chim. Belge*, 57, 1948, p. 236.

([6]) *J. Text. Inst.*, 28, 1937, p. 263.

TABLEAU.

(a) CH_3CO_2H%.	(b) CH_3CO/C_6.	(c) H_2O/C_6.	(d) Colorant/C_6.
0	0	1,0	$0{,}93.10^{-3}$
14,3	0,43	2,7	$1{,}72.10^{-3}$
29,3	1	3,0	$1{,}99.10^{-3}$
43,2	1,67	2,4	$0{,}82.10^{-3}$
54,5	2,38	1,9	0

(a) Teneur en acide acétique de la rayonne plus ou moins saponifiée.
(b) Nombre de groupements acétyle par unité glucose.
(c) Nombre de moles d'eau de solvatation par unité glucose.
(d) Nombre de moles de colorant (Bleu ciel direct verdâtre) fixées par unité glucose.

Il est intéressant de noter, d'une part, que le taux d'hydratation des acétates de cellulose plus ou moins désacétylés et indépendant de leur mode de préparation (saponification acide ou alcaline). D'autre part, le parallélisme frappant que l'on peut constater sur le tableau entre l'évolution du taux de solvatation et la variation d'affinité tinctoriale en fonction du nombre de groupements acétyle, nous permettra vraisemblablement d'interpréter le maximum d'affinité tinctoriale observé et pourra servir de base à une étude plus générale du mécanisme de la fixation des colorants directs sur les fibres cellulosiques.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la dilatation des composés organiques.* Note de M. **Jean-François Joliet**, présentée par M. Pierre Jolibois.

En admettant que la variation de volume molaire ΔV d'un composé normal C_nH_{2n+2} ou $C_nH_{2n+1}X$, pour une variation de température Δt, obéit à une loi d'additivité

$$\Delta V = n\,\Delta v_1 + \Sigma\,\Delta v_X,$$

où Δv_1 est l'accroissement de volume d'un groupe CH_2, $\Sigma\Delta v_X$ la somme des accroissements de volume atomique des éléments terminaux (hydrogène ou halogène), on peut calculer facilement le coefficient de dilatation des groupes ou éléments constituant la molécule.

On trouve alors que ces éléments ont un coefficient de dilatation sensiblement égal à celui des gaz si, dans la molécule étudiée, ils se trouvent à une température supérieure à leur température critique (cas de H ou de F); un coefficient de dilatation égal à celui qu'ils ont normalement à l'état liquide si, dans la molécule étudiée, ils sont à une température inférieure à leur tempé-

(*) Séance du 6 décembre 1950.

rature critique (Br — Cl), bien que dans l'un et l'autre cas le volume occupé par l'élément, dans la molécule, soit très voisin de celui que, libre, il occupe à l'état liquide.

On sait que le passage d'un composé $C_nH_{2n+1}X$ au composé suivant s'accompagne d'un accroissement de volume constant $\Delta v \# 16^{cm^3},5$ à 20° C. Ce volume représente l'encombrement du groupe CH_2.

Si, à partir des densités de ces composés, on calcule à différentes températures, le volume occupé par CH_2, on trouve, comme le montre le tableau I que le coefficient de dilatation moyen d'un groupe CH_2 entre 0 et 30° C est égal à 1/100 (tableau I; colonne 3); ou 1/1600 si l'on rapporte ce coefficient à l'unité de volume (tableau I, colonne 4).

TABLEAU I.

Corps.	t.	v_{CH_2}.	$\frac{\Delta v}{\Delta t}$.	$\frac{1}{v}\frac{\Delta v}{\Delta t}$.
C_nH_{2n+2}	0 20	16,09 16,27	0,0090	$\frac{1}{1770}$
$C_nH_{2n+1}Br$	0 25	16,30 16,54	0,0096	$\frac{1}{1660}$
Thiols	0 25	16,32 16,57	0,0100	$\frac{1}{1600}$

Si l'on effectue la différence $V - nv_{CH_2}$ entre le volume molaire V du composé C_nH_{2n+2} et le volume occupé par les n groupes CH_2, on trouve à 0°C la valeur constante $30^{cm^3},6$. On peut admettre que ce volume est celui qu'occupent les deux atomes d'hydrogène terminaux; soit $15^{cm^3},3$ par atome-gramme (volume liquide à l'état libre : $13\text{-}14^{cm^3}$) (¹).

Le même calcul étendu aux fluorures et aux bromures conduit à

$v_F = 15^{cm^3},5$ (volume liquide à l'état libre $15\text{-}17^{cm^3}$),

$v_{Br} = 24^{cm^3},8$ (volume liquide à l'état libre $23,5\text{-}27^{cm^3}$).

Représentons par K le coefficient de dilatation du composé, par k_{CH_2} le coefficient de dilatation d'un groupe CH_2, par k_X celui de l'élément situé à l'extrémité de la chaîne. Si V_0 est le volume molaire du composé à 0°C, v_X celui de l'élément terminal, on a

(1) pour C_nH_{2n+2} : $V_0K = nk_{CH_2} + 2v_Hk_H$,

(2) pour $C_nH_{2n+1}X$: $V_0K = nk_{CH_2} + v_Hk_H + v_Xk_X$.

En portant dans (1) les valeurs de $V_0 = M/\rho_0$, $K = (1/\rho)\, d\rho/dt$, $v_H = 15^{cm^3},3$, on trouve, pour k_H (tableau II) des valeurs comprises entre 0,0033 et 0,0037, valeurs très voisines du coefficient de dilatation des gaz : 0,00366.

(¹) Ces nombres représentent les volumes minima et maxima du liquide sous la pression normale, c'est-à-dire les volumes molaires liquides aux points de fusion et d'ébullition.

TABLEAU II.

Corps.	t.	ρ.	V.	K.	k_H.
C_6H_{14}	0	0,67717	127,0	0,00132	$0{,}003_7$
	20	0,65945	130,4		
C_7H_{16}	0	0,70048	$142{,}7_6$	0,00122	$0{,}003_6$
	20	0,68364	$146{,}2_8$		
C_8H_{18}	0	0,71867	$158{,}6_2$	0,00112	$0{,}003_4$
	20	0,70279	$162{,}6_1$		
$C_{10}H_{22}$	0	0,74498	$190{,}6_1$	0,00102	$0{,}003_4$
	20	0,73014	$194{,}4_8$		
$C_{17}H_{36}$	0	0,79140	303,1	0,00082	$0{,}003_1$
	20	0,76860	308,2		

L'hydrogène terminal qui occupe dans la molécule un *volume voisin de son volume atomique liquide, mais qui se trouve, dans la molécule organique liquide, à une température très supérieure à sa température critique, semble donc se dilater comme un gaz.*

Dans une prochaine Note nous montrerons que le fluor, dont la température critique est très basse, se comporte comme l'hydrogène; qu'un halogène éloigné de son point critique, aux températures ordinaires, (Br) garde, dans la molécule, son coefficient de dilatation propre à l'état liquide; enfin, qu'il est peut-être possible de tirer de ces observations quelques renseignements sur le mécanisme de certaines réactions.

RADIOCHIMIE. — *Étude du mécanisme de quelques réactions chimiques à l'aide du radiosoufre.* Note (*) de M. **ROLAND MUXART**, présentée par M. Louis de Broglie.

On étudie le mécanisme de l'action de la chlorhydrine sulfurique sur le bichlorure de soufre (¹). On montre, par ailleurs, qu'il n'y a pas d'échange de soufre entre SO_2 et $SOCl_2$ d'une part, SO_2 et SCl_2 d'autre part, tandis qu'il y en a un entre $SOCl_2$ et SCl_2. Si l'on rapproche ces faits de l'étude (²) de la réaction $SO_3 + SCl_2$, il apparaît que des réactions ne se produisent que dans les seuls cas où elles peuvent s'expliquer par un transfert d'atomes d'oxygène.

1. ÉTUDE DU MÉCANISME DE L'ACTION DE LA CHLORHYDRINE SULFURIQUE SUR LE BICHLORURE DE SOUFRE (³). — La réaction



(A) $$SO_3HCl + SCl_2 \rightarrow SOCl_2 + SO_2 + HCl$$

a été étudiée par un procédé très voisin de celui utilisé précédemment (²), de plus l'activité du SO_2 dégagé a été mesurée au cours du temps.

(*) Séance du 20 novembre 1950.

(¹) Selon une suggestion de M. Lieberman.

(²) MUXART, P. DAUDEL et B. BOSCARDIN, *J. Chim. Phys.*, 46, 1949, p. 9-10.

(³) Nous rappelons que toutes ces études sont faites avec l'isotope 35S de période 87 jours en provenance de Harwell (Angleterre).

Les résultats expérimentaux montrent que le processus explicable par un transfert d'atomes d'oxygène intervient à raison de 100 % au début de la réaction (pendant 1 heure à température ambiante) et que le mécanisme secondaire n'intervient qu'en fin de réaction à chaud.

Substances mesurées (4).	Temps après le début de la réaction.	Température.	Activités.
SO_2..................	30 minutes	Ambiante	13
»	1 heure	»	13
»	1 h 30 min	60°	337
»	1 h 50 min	»	232
$SOCl_2$................	Fin de la réaction	–	1 333
Étalon de SCl_2........	–	–	1 609

Pourcentage d'activité trouvé en fin de réaction sur SO_2 : 21 %.

2. Étude des phénomènes d'échange isotopique d'atomes de soufre dans les systèmes SO_2/SCl_2, $SO_2/SOCl_2$. — 1° *Échange dans le système* SO_2/S^*Cl_2. — Le tableau suivant résume les résultats.

Activités spécifiques en coups/min mesurées sur des masses égales de SO_4Ba *provenant de :*

Étalon pur de S^*Cl_2.	SCl_2 après échange.	SO_2 après échange.	% d'échange.
a. Dans les mêmes conditions que la réaction (A) (40 minutes à froid, 15 minutes à 40°)			
584	576	0	0
576	560	16	5
483	531	11	4
b. A 50° *pendant* 60 *minutes.*			
5413	5516	11	< 1
5413	5546	29	< 1

2° *Échange dans le système* $S^*O_2/SOCl_2$.

Activités spécifiques en coups/min mesurées sur des masses égales de SO_4Ba *provenant de :*

Étalon pur de S^*O_2.	SO_2 après échange (5).	$SOCl_2$ après échange.	% d'échange (6).
a. Dans les mêmes conditions que la réaction (A).			
664	982	42	8
3017	3141	143	8
b. A 66° *pendant* 60 *minutes.*			
613	629	2	< 1
846	896	1	< 1

(4) Les mesures sont faites sur des masses égales de SO_4Ba.

(5) La quantité de soufre dans le SO_2 est dans le rapport 1/2 vis-à-vis de celle du $SOCl_2$.

(6) Les faibles pourcentages trouvés proviennent d'une mauvaise séparation à froid, par contre celle-ci est excellente à chaud.

3° *Conclusion.* — D'après les résultats négatifs des réactions d'échange ci-dessus, l'activité observée sur l'anhydride sulfureux qui se forme au cours de la réaction (A) n'est pas due à un phénomène d'échange.

3. Étude des phénomènes d'échange isotopique d'atomes de soufre dans le système $SOCl_2/SCl_2$. — Il a été observé un échange lent d'atomes de soufre dans ce système, comme le montre le tableau suivant :

Activités spécifiques en coups/min mesurées sur des masses égales de SO_4Ba provenant de :

Étalon pur de S^*Cl_2.	SCl_2 après échange.	$SOCl_2$ après échange.	% d'échange.
a. 16 minutes à froid suivi d'une séparation à 57°.			
208	152	50	50
72	56	16	44
240	216	64	45
b. A 60° pendant 2 heures.			
1549	1033	306	45
c. A 89° pendant 2 heures.			
2727	1400	1228	93
1539	1030	626	75
5025	2794	–	100 (*)
5025	2546	–	100 (*)
2828	1668	–	100 (*)

(*) Par rapport à l'étalon.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Fractionnement thermique de charbons d'extraction ancienne*. Note de M. **Marius Picon**, présentée par M. Paul Lebeau.

Des charbons extraits depuis 17 à 59 années révèlent, par le fractionnement thermique, d'abord une diminution importante du dégagement gazeux, puis une augmentation plus faible lorsqu'on dépasse la température du maximum. On observe une élévation parfois très importante pour les gaz oxygénés. Par contre, les carbures d'hydrogène diminuent souvent, spécialement à 500° et pour le fusain. L'hydrogène accuse une perte à 600, 700 et 800°, la plus élevée pour le durain.

Lors de nos recherches récentes faites avec M. Lebeau pour le perfectionnement de la méthode de fractionnement thermique des produits gazeux de la pyrogénation, nous avons été amenés à employer des combustibles d'extraction ancienne. Nous avons observé des modifications par rapport aux résultats obtenus antérieurement par M. Lebeau et nous croyons utile de les signaler. Les charbons examinés sont les suivants : trois peranthracites datant de 1891-1923 et 1931, un anthracite de 1933, enfin trois constituants, vitrain, durain et fusain d'une houille de 1923.

Le tableau suivant fournit les diminutions observées en 1949 pour les dégagements gazeux obtenus par paliers de 100° jusqu'à 1000°, et d'une durée d'une heure.

	Date d'extraction.	Volume recueilli (m³) (¹).	Diminution du dégagement gazeux en 1949.								
			Sur le volume total (m³).	% du volume primitif.	par paliers et en m³ par tonne.						
					400°.	500°.	600°.	700°.	800°.	900°.	100
			Peranthracite								
La Mure...	1891	92,45 (en 1923)	15,75	17	0,2	0,4	0,6	0,7	2	4,1	7,
La Mure...	1923	100,57	14,87	15	0,3	0,6	1,6	1,8	2,57	10	+2
Aime......	1931	30,35	1,05	3,5	0,25	0,5	0,7	0,85	1,25	0,25	+2,
			Anthracite								
Pays de Galles...	1933	254,25	34,25	13,5	0,23	0,42	6,35	17,9	14,95	1,1	+6,
			Houille Parkgate Seam (*South Yorkshire*) :								
Vitrain....	1923	329,5	48,2	15	0,6	16,9	8,3	15,8	16,3	+11,7	1,
Durain....	»	267,25	15,85	6	2	6,8	8,3	2,1	4,8	+ 5,6	+1,
Fusain....	»	236,9	1,9	1	0,45	4,65	4,6	4,55	0,8	+10	+3,

Le signe + indique une augmentation du dégagement gazeux.

Avec l'anthracite et les peranthracites, on constate une diminution notable du dégagement gazeux pouvant atteindre 17 % s'effectuant généralement au-dessous de 900°. Entre 900 et 1000°, par contre, on observe une faible augmentation d'environ 2 %. On peut en conclure que la perte d'une partie du poids primitif de ces charbons s'est manifestée spécialement sur les corps les moins stables à la chaleur.

Le peranthracite La Mure de 1891, après son essai en 1923, a continué à subir une transformation, donc après 32 années d'extraction. Dans ce cas cependant, la diminution du dégagement s'observe pour toutes les températures jusqu'à 1000°.

La composition des gaz varie très peu pour les charbons de La Mure qui contiennent 90 % environ d'hydrogène sans carbures. Avec le peranthracite d'Aime, une oxydation se révèle par l'augmentation des gaz oxygénés, de 1,1 % avec CO (8,9 à 11) et 3,4 pour CO_2 (4,5 à 7,9).

L'analyse des gaz de la pyrogénation de l'anthracite du pays de Galles conduit sensiblement aux mêmes résultats en 1933 et en 1949. Elle correspond

(¹) *Voir*, PAUL LEBEAU, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 309; *Bulletin Société Chimique de Belgique*, 35, 1926, p. 64; *Annales Office National des Combustibles liquides*, 1933, p. 27 et 967; *Congrès de Chimie Industrielle*, Paris, 1927. Sur les produits gazeux de la carbonisation, p. 17.

à H_2 : 92,5 % ; carbures : 5 % ; CO : 1,8 %. Toutefois, une forte diminution de 16 % pour le volume du dégagement se manifeste spécialement à 600, 700 et 800°. Ces pertes intéressent particulièrement l'hydrogène formé à ces températures relativement basses. La conservation de ce charbon transforme donc spécialement les produits les moins stables à la chaleur qui fournissent les hydrocarbures et l'hydrogène.

En ce qui concerne les trois constituants de la houille South Yorkshire, on retrouve, avec des particularités propres à chaque substance, une diminution du dégagement avant 800°, puis une augmentation à 900 et 1000°. La perte totale est plus élevée pour le vitrain, puis le durain et enfin le fusain.

Dans la composition des gaz, on constate une élévation de la teneur en composés oxygénés. Les augmentations sont faibles avec CO_2 : durain, o; vitrain, de 1 à 2; fusain, de 3,7 à 4,2. Elles sont élevées pour CO : durain, de 4,9 à 8,7; vitrain, de 4,7 à 9; fusain, de 5,5 à 10,5.

Les carbures diminuent à 500° et parfois aussi à 600°. On trouve : durain, o (19,2 %); vitrain, de 26,7 à 23,8; fusain, de 18 à 13. Les pertes en hydrogène s'observent à 600, 700 et 800°, soit : durain, de 70 à 67 % ; vitrain, de 66 à 64; fusain, o (69). Le fusain conduit ainsi surtout à une perte en carbures. Pour le durain, c'est l'hydrogène qui diminue.

On peut donc conclure que les transformations des charbons lors de leur conservation sont accompagnées d'une oxydation qui s'effectue spécialement sur les produits les moins stables à la chaleur fournissant les carbures et l'hydrogène. Le même processus paraît pouvoir être envisagé pour la perte du pouvoir cokéfiant de certaines houilles par conservation à l'air.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Formation de l'acide cyanhydrique par action de l'oxyde azotique sur le gaz naturel à la pression atmosphérique. II. Influence de l'eau, de l'hydrogène et de l'oxygène.* Note (*) de M. **Georges Engel**, présentée par M. Paul Pascal.

Les conditions les plus favorables à la formation de HCN se trouvent dans des domaines où le cracking et la pyrolyse du méthane deviennent gênants. Dans le but d'éliminer ou de limiter ces phénomènes, on a étudié l'action de la vapeur d'eau, de l'hydrogène et de l'oxygène sur la réaction globale.

1° *Action de la vapeur d'eau.* — Ajoutée en quantité variable au mélange initial, elle diminue simultanément les phénomènes de cracking, de pyrolyse, ainsi que les rendements. La baisse des rendements est faible quand le rapport vapeur d'eau/volume initial n'excède pas 0,8, mais avec de tels mélanges le cracking reste encore important. La diminution des rendements est plus marquée quand le mélange initial contient peu d'oxyde azotique.

(*) Séance du 27 novembre 1950.

TABLEAU I. — (Température : 1 100 °C).

	Mélange initial (%).		Gaz final après absorption CNH et NH_3.							Rendements par passage % par rapport NO mis en jeu	
	$\frac{CH_4}{NO}$.	N_2.	NO.	CO_2	C_2H_4.	CO.	H_2.	CH_4.	N_2.	avec vapeur.	sans vapeur.
a. 2,0....... *b*. 1,5 sec....	9,4	2,8	4,8	2,0	2,2	3,8	29,6	54,4	3,1	23,4	40,0
	5,0	3,0	8,4	1,3	2,0	5,6	21,0	51,9	4,8	22,0	33,0
	1,7	3,0	21,6	2,4	1,4	7,0	22,1	38,4	7,1	17,0	18,0
a. 4,5....... *b*. 0,85 sec...	9,4	2,8	7,0	0,6	2,4	3,0	24,5	59,8	2,7	12,7	30,0
	5,0	3,0	11,0	0,6	2,4	2,8	22,5	58,1	3,6	10,0	23,5
	1,7	3,0	25,4	1,8	2,8	5,0	19,0	40,0	6,0	7,9	12,0

a. vapeur/volume initial; *b*. temps de contact.

2° *Action de l'hydrogène.* — L'hydrogène agit dans le même sens que la vapeur d'eau, mais son action est bien plus énergique. La baisse des rendements est beaucoup plus importante que celle qui résulte de l'action de la vapeur d'eau, mais les phénomènes de cracking et de pyrolyse sont inhibés très efficacement. A 1 100° C et pour une faible teneur en oxyde azotique, sans addition d'hydrogène, le mélange gazeux quittant l'enceinte réactionnelle est chargé de vapeurs rouge verdâtre. Elles disparaissent ainsi que la formation de goudrons, quand on ajoute 40-50 % de H_2 au mélange initial. La formation d'hydrogène dû au cracking devient très faible.

TABLEAU II (Température : 1100° C).

Temps de contact (sec).	Mélange initial (%).			Gaz final après absorption de CNH et NH_3.							Rendements par passage % par rapport au NO mis en jeu.		
	$\frac{CH_4}{NO}$.	H_2.	N_2.	NO.	CO_2.	C_2H_4.	CO.	H_2.	CH_4.	N_2.	avec H_2.	avec H_2O.	sans H_2 ni H_2O.
2,8...	9,4	40,1	1,8	2,6	0,8	1,6	1,6	51,3	40,2	1,9	35,3	51,0	56
	5,0	37,2	1,6	4,4	0,8	1,8	2,8	47,0	42,7	3	28,7	36,2	41
	1,7	38,4	1,8	14,4	0,7	2,2	2,2	42,9	32,0	5,6	16,5	24,6	26

3° *Action de l'oxygène.* — L'oxygène ou les oxydes supérieurs de l'azote dans le mélange initial supprime le plus souvent les phénomènes de pyrolyse et par suite la formation de dépôts de carbone gênant, sans diminuer trop sensiblement les rendements, contrairement à l'emploi de l'hydrogène. La baisse des rendements est surtout sensible pour les mélanges réactionnels dans lesquels la proportion d'oxygène dépasse celle du NO. La dissociation du méthane n'est pas inhibée, mais le carbone est simplement brûlé.

TABLEAU III.

Temps de contact (sec).	Mélange initial (%). $\frac{CH_4}{NO}$.	O_2.	N_2.	Gaz final après absorption de CNH et NH_3. NO.	CO_2.	C_2H_4.	CO.	H_2.	CH_4.	N_2.	Rendements par passage % par rapport au NO mis en jeu. avec O_2	sans O_2.
3,6	10,2	12,1	2,6	1,6	0,6	2,6	13,4	38,9	40,1	2,8	45,1	58,5
	5,4	12,0	3,5	3,7	0,8	1,9	16,7	40,1	32,2	4,6	38,0	52,0
	2,9	12,0	3,5	4,0	0,6	2,2	17,8	38,7	29,3	7,4	36,3	36,0

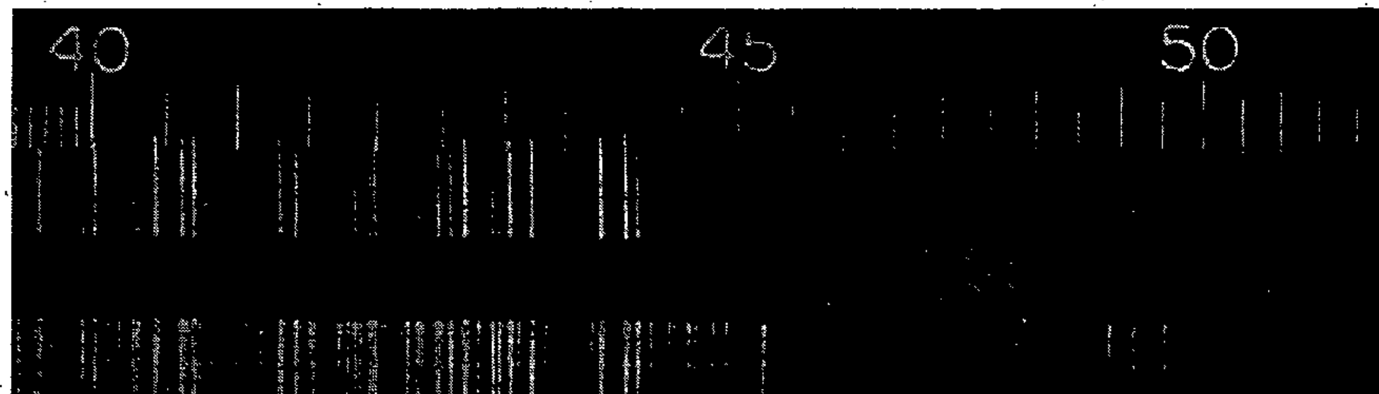
CHIMIE GÉNÉRALE. — *Spectrographie d'explosions de bioxyde de chlore*, ClO_2 *et mécanisme de cette décomposition explosive*. Note de M. **Guy Pannetier**, présentée par M. Paul Pascal.

Le bioxyde de chlore gazeux est un composé instable, qui explose sous l'action d'une cause quelconque, d'une étincelle par exemple. On a pu spectrographier cette décomposition grâce à un dispositif approprié. Le spectre obtenu, qui est un spectre d'émission comprend un fond continu sur lequel se détache l'absorption du bioxyde lui-même. Ceci conduit à supposer que la décomposition de ClO_2 se fait suivant le schéma $ClO_2 \rightarrow Cl + O + O$.

La quantité de lumière mise en jeu au cours de l'explosion d'un certain volume de bioxyde de chlore est beaucoup trop faible pour que la plaque d'un spectrographe puisse être impressionnée en une seule fois. Pour analyser le rayonnement émis au cours de cette décomposition explosive, il faut au moins multiplier par 20 à 25 000 le nombre des explosions. Pour parvenir à ce résultat en un temps raisonnable, nous avons utilisé un tube coaxial à l'axe du spectrographe, d'environ 15^{cm} de longueur et de 1^{cm} de diamètre, terminé par deux fenêtres de quartz. C'est dans ce tube que se produit la décomposition du bioxyde de chlore; un dispositif automatique permet de remplir ce tube sous une pression variant de 50 à 200^{mm}, d'amorcer la décomposition par une étincelle électrique, puis de le vider, le tout, à la fréquence de trois à quatre par seconde. Un spectre peut ainsi être obtenu en quatre à cinq heures de fonctionnement de l'appareillage précédent. Ainsi que le montre la reproduction ci-après, il se présente sous la forme d'une émission continue dont le maximum se situerait vers 4740 Å. Sur celle-ci se détache un système de bandes dégradées vers le rouge, à têtes de bandes assez mal définies comme le sont en général les têtes de bandes des spectres d'absorption et dont les longueurs d'onde mesurées à 2 Å près par comparaison avec les raies d'un arc au fer sont les suivantes :

λ en Å......	4980	4811	4656	4457	4373	4247
	4916	4757	4601	4430	4322	4206
	4860	4692	4509	4403	4274	

Ces valeurs appartiennent toutes au spectre d'absorption du bioxyde de chlore analysé par Goodeve et Stein [1]. Ce dernier spectre s'étend de 3000 à 5000 Å et les longueurs d'onde précédentes ne représentent que les dix-sept dernières têtes de bandes de ce spectre. Un enregistrement plus long ne fait apparaître aucune bande supplémentaire. Comme l'intensité du fond continu au-dessous de 4500 Å est assez faible, l'absorption en dessous de cette région doit être assez forte pour être totale. Pour interpréter ce spectre, nous sommes

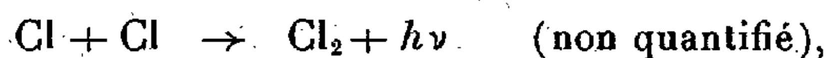


donc conduits à admettre que la décomposition explosive du bioxyde de chlore sous l'action de l'étincelle doit se faire suivant le schéma

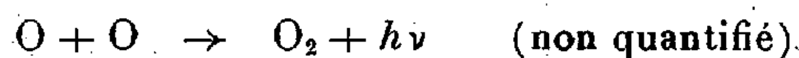


$$ClO_2 \rightarrow Cl + O + O.$$

Il y aurait rupture complète de la molécule; la recombinaison des atomes



$$Cl + Cl \rightarrow Cl_2 + h\nu \quad \text{(non quantifié)},$$



$$O + O \rightarrow O_2 + h\nu \quad \text{(non quantifié)}.$$

serait responsable du fond continu observé. Et, comme la décomposition ne se transmet pas instantanément mais avec sa vitesse propre à l'ensemble du volume occupé par le bioxyde, et qu'il y a par conséquent dans le tube un certain nombre de molécules de ClO_2 non décomposées, alors que celles proches du tube d'amenée des gaz sont en train de se dissocier, le spectre d'absorption de ClO_2 vient se surimpressionner sur le fond continu dû à la recombinaison des atomes.

Si ces expériences ne nous renseignent pas sur la cinétique de la décomposition du bioxyde, du moins permettent-elles de connaître quelques étapes de la rupture explosive de la molécule ClO_2 et en particulier de constater que celle-ci ne fait pas intervenir le radical libre ClO [2], comme on aurait pu s'y attendre.

---

(1) *Trans. Faraday Soc.*, 25, 1929, p. 738.

(2) G. Pannetier et A. G. Gaydon, *Nature*, London, 161, 1948, p. 242.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de la vapeur d'eau sur le carbure de cérium.* Note de M. **Jacques de Villelume**, présentée par M. Paul Lebeau.

Moissan ([1]), Lebeau et Damiens ([2]) et Delépine ([3]) ont analysé de façon remarquable les réactions de carbures de terres rares sur l'eau liquide et les solutions aqueuses. Par contre l'action de la vapeur d'eau sur ces mêmes carbures n'a été que peu étudiée; Tischenko ([4]) signale qu'entre 600 et 800° C il se forme de l'éthylène, de l'acétylène et du méthane.

Dans la présente Note, je donne les résultats de l'attaque du carbure de cérium par la vapeur d'eau. Le carbure est obtenu à l'état fondu par chauffage à 2000° C d'un mélange de carbone en poudre et de bioxyde de cérium; la carburation est faite dans une atmosphère d'hydrogène. Une lévigation du produit broyé dans le xylène permet de séparer la plus grande partie du carbone en excès. Ce carbure de cérium a la composition suivante : carbone total 13 %, carbone combiné 10 %, cérium 83 %, et oxygène 4 %. On voit qu'il y a dans le carbure de formule CeC_2 environ 3 % de carbone libre et une proportion d'oxyde Ce_2O_3 de 27 %, qu'il nous a été impossible de diminuer même par chauffage prolongé à 2000° C.

L'attaque du carbure de cérium par la vapeur d'eau commence dès la température ordinaire et je l'ai étudiée jusqu'à 500°C, température à partir de laquelle la vapeur d'eau agit sur le carbone libre avec formation de gaz carbonique, d'oxyde de carbone et d'hydrogène.

La composition du mélange gazeux formé à différentes températures est donnée dans le tableau I; les pourcentages sont rapportés au poids de carbone combiné initial.

Tableau I.

Température °C......	20.	150.	200.	300.	400.	500.
Acétyléniques (%)......	18	18	17,8	15,3	13	11,4
Éthyléniques (%).......	7,3	7,3	7,2	6	5,2	4,5
Saturés (%)............	37	37	37	37	37	37

Les gaz ont été séparés, après condensation, par distillation fractionnée et analysés; on a pour l'essai à 200°C les résultats du tableau II.

([1]) *Comptes rendus*, **122**, 1896, p. 359; **123**, 1896, p. 148; **131**, 1900, p. 595.

([2]) *Thèse Pharmacie*, Paris, 1913.

([3]) *Thèse Pharmacie*, Paris, 1904.

([4]) *D.R.P.*, 346065, 1921.

TABLEAU II.

Méthane	22
Éthane	8
Propane	6
Éthylène et acétylène	15
Éthyléniques et acétyléniques supérieurs	10

En dehors de cette production de gaz, il apparaît des composés solides qui sont déposés dans le bioxyde de cérium formé au cours de l'attaque. Le mélange est successivement séché sous gaz inerte à 120° C et brûlé dans l'oxygène à 800° C; il contient 6 % de carbone, 90 % de bioxyde de cérium et au moins 1 % d'eau. Les produits solides formés dans une attaque à 200° C correspondent à 37 % du carbone combiné initial; ce sont des corps bruns, poreux, infusibles et peu solubles.

En résumé, on voit que le carbure de cérium donne par attaque à la vapeur d'eau comme par attaque à l'eau froide des carbures acétyléniques, éthyléniques et saturés, mais il se forme sous l'action de la vapeur d'eau une importante proportion de produits solides et, de plus, le pourcentage de carbures saturés dans les gaz croît notablement.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude du fluage des aciers au bore.* Note (*) de MM. **Georges Delbart** et **Michel Ravery**, présentée par M. Albert Portevin.

La présence de bore en faibles teneurs, permet d'observer dans certains cas, l'existence d'un précipité aux joints des grains. Bien que le bore entraîne un grossissement du grain, les aciers contenant du bore et présentant ce précipité ont montré une résistance au fluage, entre 450 et 550°, toujours inférieure à celle de l'acier de même composition, mais ne contenant pas de bore.

L'influence du bore sur les propriétés mécaniques à chaud ne semble pas avoir été étudiée systématiquement. On ne trouve en effet dans la bibliographie de la question que deux études donnant des résultats contradictoires, au moins en apparence.

On sait que le bore favorise dans des conditions de traitement thermique particulières la formation d'un précipité aux joints des grains dont l'influence sur les propriétés de fluage peut avoir un intérêt du point de vue théorique.

Pour étudier cet effet, nous avons choisi un acier à 0,30 % de C d'une même coulée dans des parties de laquelle on avait ajouté des quantités de bore différentes.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

Les aciers utilisés pour les essais de fluage contenaient (A) 0 %, (B) 0,009 % et (C) 0,015 % de bore.

Au cours des premiers essais, chacun de ces aciers a subi les deux traitements indiqués ci-dessous, susceptibles, quand le bore est présent, de provoquer la naissance du *précipité dit boré*.

1° *Austénisation :* 1100°, 10 *minutes;* 675°, 1 *heure; air.* — Les microstructures ainsi obtenues sont formées de ferrite et de perlite dans les trois aciers; elles diffèrent par l'absence ou la présence du bore (la figure 1 représente l'acier C après ce traitement).

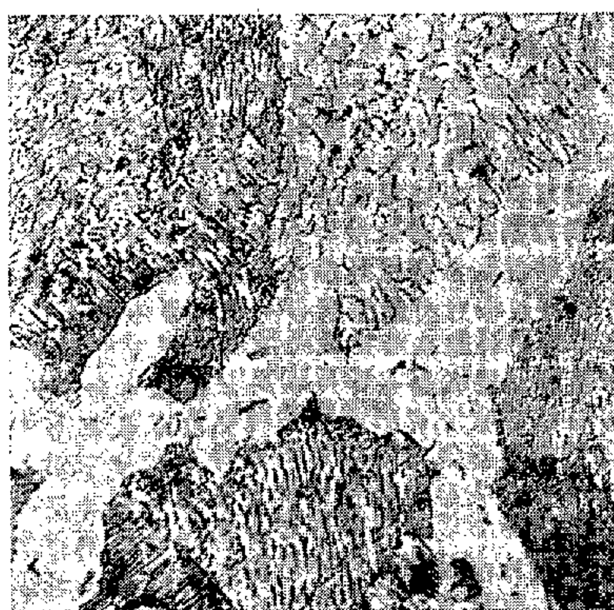


Fig. 1.

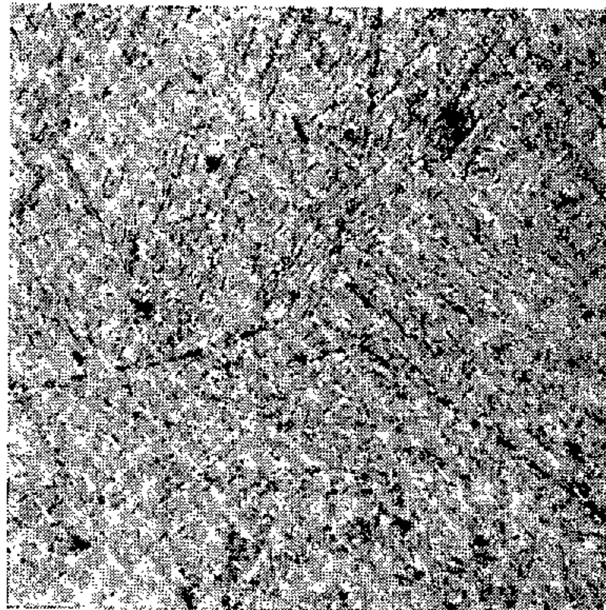


Fig. 2.

Fig. 1. — Acier C austénisé 10 min à 1100°. Transformation par maintien à 675° pendant 1 h. Refroidissement à l'air.

Fig. 2. — Acier C austénisé 10 min à 1100°. Transformation par maintien 1 min à 300° puis refroidissement à l'air.

2° *Austénisation* : 1100°, 10 minutes; 300°, 1 minute; air. — On obtient, avec le deuxième traitement dans l'acier A, une structure troosto-bainitique mélangée de martensite, et dans les aciers B et C une structure martensitique (la figure 2 représente l'acier C après ce traitement).

Ces traitements ont été complétés par un revenu à 600° avant de soumettre les éprouvettes aux essais de fluage.

Les essais de fluage de courte durée (25-35 heures) ont été opérés aux températures de 450, 500, 550° pour des charges comprises entre 1,5 et 16 kg/mm². On a également effectué quelques essais de 300 heures qui sont en concordance avec les essais de 35 heures.

Les conclusions tirées de ces essais sont les mêmes dans tous les cas. Nous pouvons les résumer comme suit :

1° Bien que la présence de bore entraîne toujours un grossissement du grain et par conséquent, d'après ce qui est connu, une augmentation relative de la résistance au fluage, l'acier sans bore a toujours une résistance au fluage

supérieure à celle des aciers contenant du bore et dont la microstructure révèle la présence d'un précipité aux joints des grains.

2° L'influence du bore n'est pas en rapport avec sa teneur. On a constaté dans tous les cas que, toutes choses égales d'ailleurs, l'acier à 0,009 % de bore a une résistance au fluage inférieure à celle de l'acier à 0,015 %.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur le mode de répartition des déformations plastiques dans une éprouvette de traction de fer présentant le phénomène de Piobert-Luders.* Note (*) de MM. **Michel Mouflard** et **Paul Lacombe**, présentée par M. Pierre Chevenard.

Au cours de la traction d'une éprouvette de fer recuit, il est fréquent que la déformation se propage d'une manière irrégulière d'une extrémité à l'autre de l'éprouvette par apparition de lignes de déformation macroscopiques dites de Piobert-Luders (¹). Le but de cette Note est de préciser comment tout au long de l'éprouvette se répartissent les déformations plastiques au cours de la propagation de ces lignes.

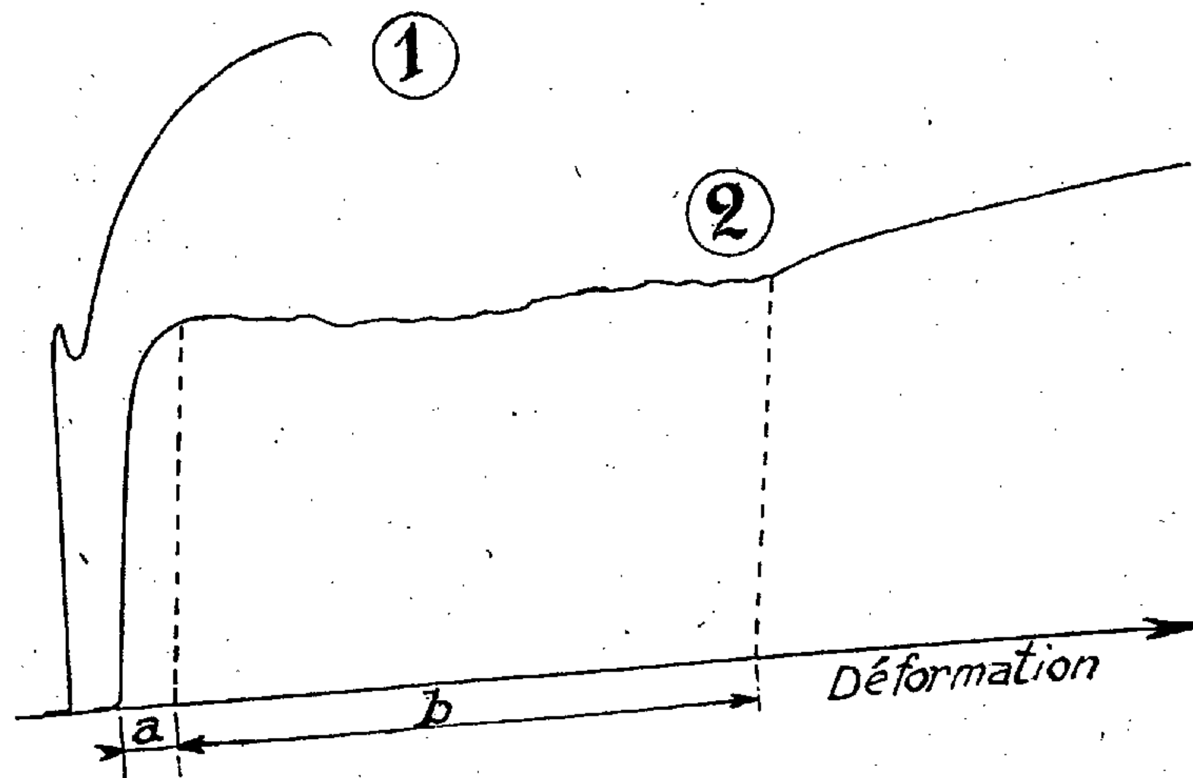


Fig. 1. — Courbes de traction de deux éprouvettes de fer identiques (50^{mm} de long, 5^{mm} de large et 0^{mm},5 d'épaisseur) présentant les lignes de Piobert-Luders, obtenues avec la micromachine Chévenard. (1) en montage direct. (2) en montage différentiel.

La courbe de traction effort-allongement du fer présentant le phénomène de Piobert-Luders a un aspect caractéristique (*fig.* 1). Au delà de la limite élastique dite supérieure (correspondant en fait à un allongement plastique a), on observe un palier plus ou moins perturbé concomitant de la propagation des lignes de Luders.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

(¹) Piobert, Morin et Didion, *Mémorial de l'Artillerie*, 5, 1842, p. 505.

Cette propagation se poursuit jusqu'à ce que l'éprouvette atteigne une déformation totale b %. Nous avons confirmé qu'à cet instant la surface totale du métal est recouverte de lignes de Piobert-Luders et qu'au delà de b % le tracé à nouveau régulier de la courbe de traction correspond à une déformation homogène du métal, du moins à l'échelle macroscopique.

Nous avons plus spécialement étudié la répartition de la déformation pour un allongement total compris entre a % et b %. Grâce à la nouvelle micromachine Chévenard qui permet la traction d'éprouvettes assez longues (50^{mm} dans nos essais), nous avons pu relier la longueur L des plages visiblement déformées par les lignes de Piobert à l'allongement total X %. Nous avons pu établir expérimentalement une loi de variation linéaire entre X et L. Ceci implique deux conséquences : d'une part les zones non encore recouvertes par les lignes de Piobert subissent un allongement plastique homogène de a %, cependant que celles déformées par les lignes de Piobert ont un allongement plastique homogène de b %. D'autre part, les allongements a et b % subis par les deux zones restent constants tant que l'allongement total de l'éprouvette reste inférieur à b %.

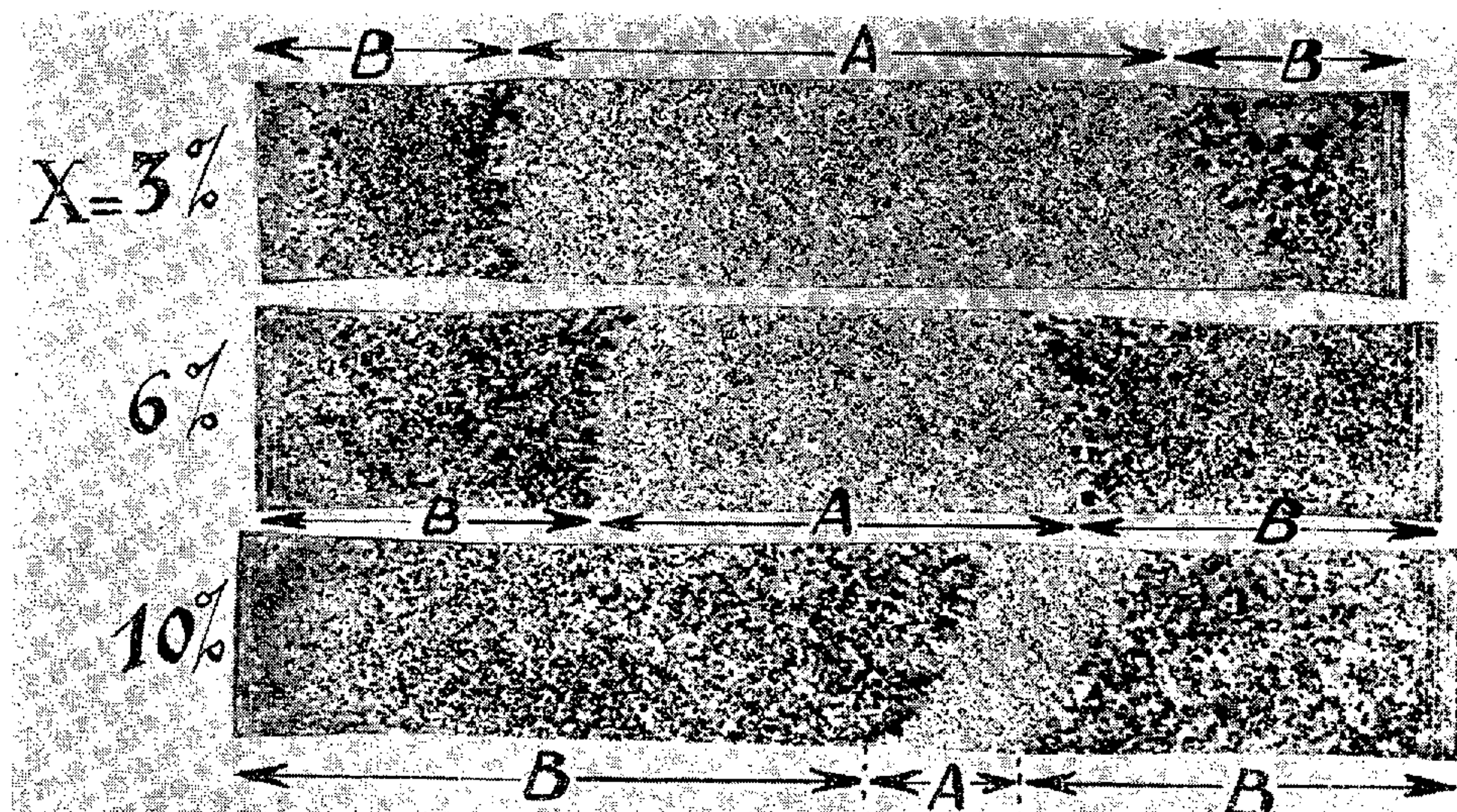


Fig. 2. — L'identité après recuit ultérieur des granulations respectives dans les zones A et B met en évidence l'identité des taux d'écrouissage dans ces zones, quel que soit l'allongement total de l'éprouvette x % compris entre a et b %.

Une expérience simple démontre bien ce fait. La figure 2 montre trois éprouvettes tractionnées à un allongement total croissant mais inférieur à b %, puis soumises à un recuit de recristallisation de 60 heures à 850°. On décèle dans les zones déformées B par les lignes de Luders un grossissement du grain supérieur à celui observable dans les zones non déformées A. Mais ces grossis-

sements sont respectivement identiques dans les trois échantillons par suite de l'identité de l'écrouissage dans chaque zone.

En conclusion, il est impossible de donner par simple traction un allongement total compris entre a et b % à une bande de métal présentant le phénomène de Piobert, sans obtenir uniquement des plages déformées à des taux égaux à a ou b %.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur les houilles de Lorraine. Essais de pyrogénation dans le vide.* Note (*) de MM. **Henri Guérin** et **Paul Marcel**, présentée par M. Paul Lebeau.

L'analyse immédiate, l'analyse élémentaire et la pyrogénation suivant la méthode de Lebeau, effectuées sur cinq échantillons de charbons non cokéfiables (4 lorrains et 1 sarrois) et sur un échantillon de charbon cokéfiable (Ruhr), montrent que les facteurs distinctifs les plus intéressants sont la teneur en oxygène et la manière dont se dégagent les gaz oxygénés CO et CO_2 au cours de la pyrogénation.

Dans le cadre de l'étude des divers combustibles naturels de Lorraine, entreprise précédemment ([1]), nous avons examiné les charbons du *bassin lorrain* dont l'exploitation est en plein développement. Le gisement qui s'étend en France de Forbach à Faulquemont et même jusqu'à Pont-à-Mousson, fournit des houilles allant des flambants secs aux gras, par conséquent non cokéfiables sans précautions spéciales, tandis que son prolongement en Sarre permet d'extraire également des charbons se rapprochant des houilles à coke.

En possession d'échantillons de charbons lorrains appartenant aux types caractéristiques :

La Houve (I) : flambant sec, Simon (II) et Gargan (III) : flambants gras, Saint-Charles (IV) : gras, auxquels nous avons ajouté un échantillon sarrois plus voisin des houilles à coke : Reden (veine Thiele) (V) et un véritable charbon à coke de la Ruhr : Bergmannsglück (VI), il nous a paru intéressant de chercher à établir comment se traduisait, tant au point de vue des diverses caractéristiques de ces charbons que de leur constitution chimique, le passage d'une catégorie à une autre.

Dans la présente Note nous indiquerons, d'une part, les données fournies par l'analyse immédiate et l'analyse élémentaire de ces combustibles, d'autre part, les résultats obtenus au cours des essais de pyrogénation dans le vide.

I. *Caractéristiques essentielles.* — Les résultats indiqués dans le tableau I montrent notamment que les quatre charbons lorrains, très voisins les uns des autres, ne peuvent pas être caractérisés par le rapport C/H, pratiquement

---

(*) Séance du 6 décembre 1950.

([1]) H. Guérin et Marthe Bastick, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1249.

constant, mais qu'ils se différencient nettement par leur teneur en oxygène, teneur qui est d'ailleurs nettement plus élevée que celle des deux autres échantillons.

TABLEAU I. — *Résultats des essais d'analyses immédiate et élémentaire.*

			Composition élémentaire					
			S	N	C	H	O_2	
	OH_2 sur brut (%).	Cendres sur sec (%).	sur sec (%).	(%).	sur pur (%).	(%).	par différence (%).	Rapport $\frac{C}{H}$.
1....	5,85	6,75	0,90	1,25	78,4	5,32	14	14,7
2....	3,21	6,94	1,12	1,50	78,65	5,35	13,3	14,7
3....	3,15	5,18	1,09	1,4	80,7	5,48	11,3	14,7
4....	2,51	6,60	0,96	1,48	82,0	5,34	10,2	15,3
5....	1,91	5,00	1,08	1,24	85,2	5,34	7,1	16,0
6....	1,48	8,05	1,32	1,74	87,8	4,75	4,3	18,5

II. *Essais de pyrogénation dans le vide.* — Ces essais, qui ont été effectués selon la méthode de Lebeau [2], ont fourni les résultats consignés dans le tableau II.

TABLEAU II. — *Essais de pyrogénation.*

			Composition des gaz de pyrogénation.			
	Coke (%).	Volume gazeux total en cm³/g (sur pur).	H_2 (%).	CH_4 (%).	CO (%).	CO_2 (%).
1....	56,8	277,4	58,0	18,7	14,2	4,95
2....	58,7	288,86	64,6	14,0	14,2	2,85
3....	60,6	302,33	62,2	13,5	15,0	3,13
4....	64,9	300,93	65,3	15,5	11,4	3,14
5....	63,15	304,18	65,0	17,9	9,95	2,2
6....	77,6	332,48	75,0	14,2	6,8	1,2

Les courbes classiques de pyrogénation, représentant la variation du volume des gaz recueillis en fonction de la température, révèlent un maximum très net à 700° et sont, en fait très voisines : elles s'emboîtent à peu près les unes dans les autres comme l'exige le dégagement total de plus en plus élevé qui se manifeste lorsqu'on passe des flambants secs de Lorraine au charbon de la Ruhr, alors que, notons-le, l'indice des matières volatiles diminue.

Les courbes de dégagement de l'hydrogène en fonction de la température révèlent les mêmes analogies : maximum de dégagement, également, à 700° et volume total croissant quand on passe de I à VI.

Le dégagement maximum de méthane se produit dans tous les cas à 600°.

---

(2) P. LEBEAU, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 319.

Comme pouvaient le laisser prévoir les différences marquées entre les teneurs en oxygène de ces échantillons, l'élimination de l'oxygène sous forme d'oxyde de carbone et d'anhydride carbonique ($1/2\ CO + CO_2$) n'est pas identique pour les six charbons.

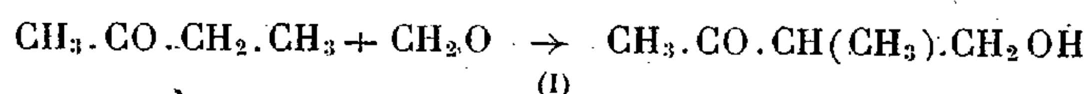
Pour la houille à coke de la Ruhr, le maximum de dégagement se produit dès 500° (de l'ordre de $4^{cm^3},5$ de gaz par gramme de charbon pur et sec); la courbe correspondant au charbon sarrois comporte un palier entre 500° ($5^{cm^3},8$) et 600° ($5^{cm^3},8$) et, dans le cas des quatre charbons lorrains, le dégagement est maximum à 600° (8^{cm^3}).

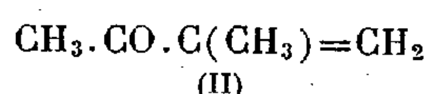
En résumé, tout en précisant nos connaissances sur les houilles de Lorraine, les résultats obtenus dans ces essais montrent l'importance de la teneur en oxygène dans le cas de ces combustibles et, par conséquent, tout l'intérêt que présente la mise au point d'un dosage direct de cet élément dans les charbons.

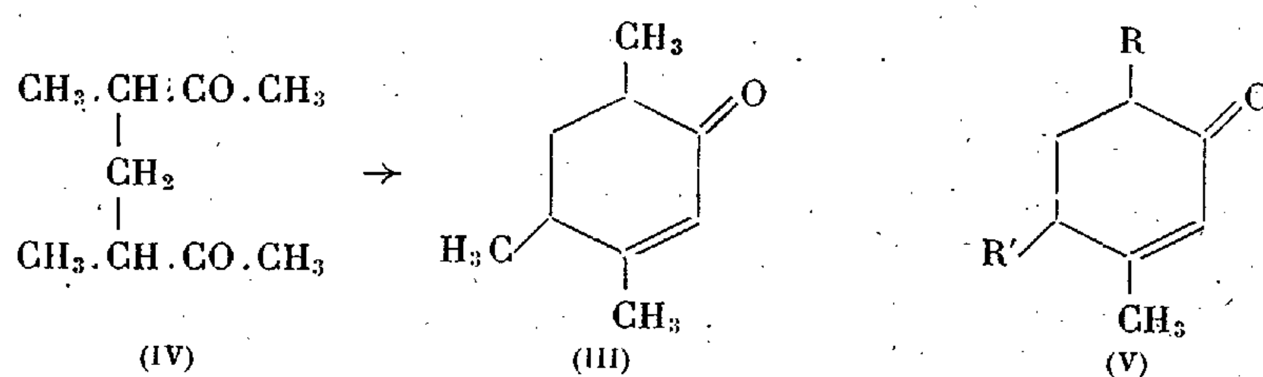
CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de polyalcoylcyclohexénones*. Note de MM. **Jean Colonge** et **Jacques Dreux**, présentée par M. Marcel Delépine.

Au cours de la préparation de la méthyl-2 butène-1 one-3 à partir du formaldéhyde et de la méthyléthylcétone, les auteurs ont observé une réaction secondaire qui conduit à une triméthylcyclohexénone; en modifiant les conditions expérimentales, cette réaction peut devenir prépondérante. Elle a été ensuite étendue à d'autres cas.

En appliquant le procédé de Landow et Irany [1] pour la préparation de la *méthyl-2 butène-1 one-3* (II) à partir du *trioxyméthylène* commercial et de la méthyléthylcétone, nous avons été amenés à faire varier la quantité d'agent de condensation (potasse méthylalcoolique 2N). Si le rendement en méthyl-2 butanol-1 one-3 (I) a été abaissé et même annulé, par l'emploi d'une quantité double d'agent de condensation, du moins avons-nous obtenu une autre réaction, très exothermique, qui conduit à un composé bouillant environ 100° plus haut que la méthylbuténone et que nous avons identifié comme étant une *triméthyl-1.4.6 cyclohexène-1 one-3* (III).







(1) *J. Org. Chem.*, **12**, 1947, p. 422.

Une étude systématique nous a permis d'élucider le mécanisme de cette nouvelle réaction. Pour cela, nous avons condensé, en présence de potasse méthylalcoolique, successivement : *a. trioxyméthylène* et méthyléthylcétone; *b.* méthyl-2 butanol-1 one-3 et méthyléthylcétone; *c.* méthyl-2 butène-1 one-3 et méthyléthylcétone.

Dans les trois cas, la cétone (III) se forme avec des rendements sensiblement identiques (52, 43 et 49 % par rapport au formaldéhyde). On doit donc passer intermédiairement par la δ-dicétone (IV) qui subit, aussitôt formée, une cyclodéshydratation.

Signalons qu'en 1941, un brevet [2] revendiquait une réaction analogue pour la préparation de méthyl-1 cyclohexène-1 one-3 et d'éthyl-1 cyclohexène-1 one-3, par action de l'acétone et de la méthyl-éthylcétone sur la butène-1 one-3, en phase vapeur et en présence d'oxydes métalliques.

La constitution de la cétone (III), inconnue, a été démontrée à l'aide de ses produits de réduction. En effet, par hydrogénation catalytique, elle donne la *triméthyl*-1.4.6-*cyclo hexanone*-3, décrite par Skita [3]; par hydrogénation au sodium et à l'alcool, elle conduit à un alcool secondaire, le *triméthyl*-1.4.6 *cyclohexanol*-3 déjà connu.

Nous avons étendu cette réaction à d'autres condensations, en particulier, entre méthyl-2 butène-1 one-3 et d'autres cétones aliphatiques saturées et entre *trioxyméthylène* et d'autres cétones saturées que la méthyléthylcétone. Les cétones cyclaniques obtenues sont du même type (V) que la précédente, mais les rendements sont moins élevés.

Triméthyl-1.4.6 *cyclohexène*-1 *one*-3 $C_9H_{14}O$. — Régénérée de sa semicarbazone, liquide, $É_{745}$ 212°; d_4^{17} 0,943; n_D^{17} 1,484; semicarbazone F 192°.

Triméthyl-1.4.6 *cyclohexanone*-3 $C_9H_{16}O$. — Régénérée de sa semicarbazone, liquide, $É_{747}$ 194°; semicarbazone F 202°,5.

Triméthyl-1.4.6 *cyclohexanol*-3 $C_9H_{18}O$. — Liquide, $É_{743}$ 197°; ester o-phtalique acide F 94°.

Diméthyl-1.4 *cyclohexène*-1 *one*-3 $C_8H_{12}O$ (V, $R = CH_3$, $R' = H$). — Condensation de la méthyl-2 butène-1 one-3 avec l'acétone ord., Rdt 20 %; régénérée de sa semicarbazone, liquide $É_{22}$ 98°; d_4^{22} 0,947; n_D^{22} 1,4850; semicarbazone F 186°.

Diméthyl-1.4 *cyclohexanone*-3 $C_8H_{14}O$. — Hydrogénation de la cétone précédente, déjà connue; liquide, $É_{749}$ 173°; d_4^{22} 0,905; n_D^{22} 1,4445; semicarbone F 171°.

Méthyl-1 *diéthyl*-4.6 *cyclohexène*-1 *one*-3 $C_{11}H_{18}O$ (V, $R = R' = C_2H_5$). — Condensation du *trioxyméthylène* et de la méthylpropylcétone, Rdt 20 %, et aussi de l'éthyl-2 butanol-1 one-3 avec la méthylpropylcétone, Rdt 23 %. Liquide, $É_{21}$ 130-131°; $d_4^{17,5}$ 0,930; $n_D^{17,5}$ 1,4850.

Méthyl-1 *diéthyl*-4.6 *cyclohexanone*-3 $C_{11}H_{20}O$. — Semicarbazone F 202-204°.

Méthyl-1 *diamyl*-4.6 *cyclohexène*-1 *one*-3 $C_{17}H_{30}O$ (V, $R = R' = C_5H_{11}$). — Condensation du *trioxyméthylène* avec la méthylhexylcétone, Rdt 33 %; liquide, $É_{2,8}$ 139-140°; $d_5^{21,5}$ 0,893; $n_D^{21,5}$ 1,4760.

---

(2) I. G. FARBEN, *D. R. P.*, n° 714 314, 1941.

(3) *Ber.*, 53, 1920, p. 1792 à 1800.

Méthyl-1 diamyl-4.6 cyclohexanone-3 $C_{17}H_{32}O$. — Liquide, $E_{3,5}$ 138-140°; d_4^{19} 0,8865; n_D^{19} 1,4652.

Une étude plus détaillée paraîtra dans un autre recueil.

Nous poursuivons l'étude de la condensation de la méthyl-buténone avec diverses cétones, en particulier, avec des cétones cyclaniques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse d'une combinaison glucosidique de la nicotine.* Note de M. **Jacques-J. Panouse**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'α-acétobromoglucose réagit avec la nicotine pour donner une seule combinaison glucosidique, le bromhydrate du bromure de tétraacétyl-2.3.4.6 *d* glucopyranosidyl-1 (méthyl-1′ pyrrolidyl-2′)-3 pyridinium [formule (I)]. La réduction de ce composé par l'hydrosulfite de sodium a permis d'en fixer la structure et de montrer les analogies de ce *glucoalcaloïde* avec le groupe actif des codéhydrogénases.

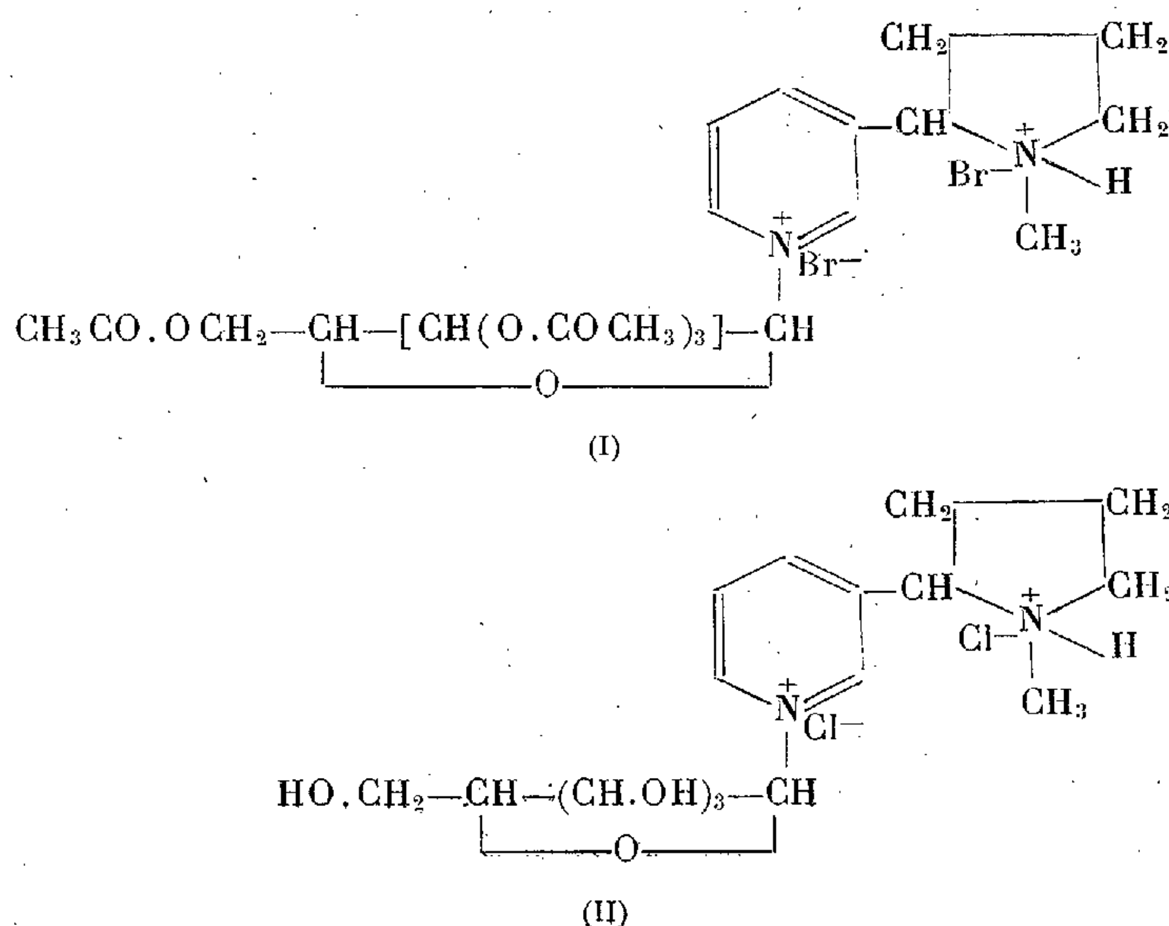
E. Fischer et K. Raske ont découvert en 1910 que la pyridine se combinait à l'α-acétobromoglucose pour donner le sel d'ammonium quaternaire correspondant [1]. L'importance de ce dérivé est apparue lorsqu'on a montré que les codéhydrogénases contenaient une molécule de nicotinamide liée au ribose sous forme d'une combinaison de type pyridinium, et que ce groupement était le support de l'activité enzymatique. Les sels quaternaires de pyridinium sont en effet réduits de façon réversible, en milieu alcalin faible, pour donner des *o*-dihydropyridines-N substituées. Depuis, un certain nombre de *glucosidopyridinium* de synthèse ont été préparés, en condensant différents composés à noyau pyridinique avec les dérivés acétohalogénés des oses. Mais, à notre connaissance, on n'a jamais étudié le cas d'une pyridine dont le substituant renferme un groupement amine tertiaire. Aussi avons-nous soumis la nicotine à l'action de l'α-acétobromoglucose. La présence d'un deuxième noyau hétérocyclique risquait de modifier la réaction. En effet les dérivés acétohalogénés des oses semblent à première vue se fixer sur l'azote de la pyridine comme le ferait un halogénure d'alcoyle quelconque. Or d'après A. Pictet et P. Genequand [2], la nicotine peut se combiner à deux molécules d'iodure de méthyle pour donner le diiodure de diméthylnicotinium. Avec des quantités équimoléculaires d'halogénure d'alcoyle et de nicotine, seul l'azote pyrrolidinique entre en réaction, et il faut utiliser des moyens détournés pour préparer le sel de pyridinium isomère.

Cependant, quelles que soient les propositions relatives de nicotine et d'acétobromoglucose mises en œuvre, nous n'avons jamais pu isoler qu'un seul produit de condensation, le bromhydrate du bromure de tétraacétyl-2.3.4.6

(1) *Ber. Chem. Ges.*, **43**, 1910, p. 1750.

(2) *Ber. Chem. Ges.*, **30**, 1897, p. 2117.

d-glucopyranosidyl-1 (méthyl-1′ pyrrolidyl-2′) -3 pyridinium [formule (I)]. L'azote pyrrolidinique fixe seulement BrH dont il emprunte les éléments à une deuxième molécule d'acétobromoglucose. Ceci entraîne la formation d'eau et aussi de résines qui gênent la purification. La nicotine et l'α acétobromo-glucose (1 : 2) sont dissous dans du benzène anhydre qu'on chauffe au bain-marie. Le benzène en distillant entraîne l'eau formée au cours de la réaction. Une huile brune se sépare. On la dissout dans un solvant anhydre (chloroforme, éthanol, méthyléthylcétone) et la purifie au moyen de précipitations fractionnées par l'éther anhydre. Il a fallu faire 437 précipitations fractionnées avant d'avoir un produit pur pour analyse, (calculé pour $C_{24}H_{34}N_2O_9Br_2$; C 44,05 ; H 5,24 ; N 4,28 ; Br 24,42 ; trouvé, C 44,00 ; H 5,16 ; N 4,61 ; Br 24,08 24,46). Les rendements en *glucoside* brut sont excellents mais s'abaissent à 15 % après la purification. Le composé obtenu est une poudre jaune rosé extrêmement soluble dans l'eau, qui devient déliquescente en quelques instants à l'air mais se conserve parfaitement en flacon bouché. Tous nos efforts pour l'obtenir à l'état cristallisé ont échoué jusqu'ici.



(I)

(II)

Nous avons déterminé la structure de ce composé en préparant par une méthode que nous décrirons prochainement, le chlorhydrate du chlorure du dérivé désacétylé [*d*-glucopyranosidyl-1 (méthyl-1′ pyrrolidyl-2′)-3 pyridinium] [formule (II)]. La petite quantité actuellement à notre disposition est encore impure (calculé pour $C_{16}H_{26}N_2O_5Cl_2$; C 48,37; H 6,60; N 7,05; Cl 17,85; trouvé, C 48,34; H 6,20; N 6,08; Cl 17,40), mais le dérivé est blanc et une solution aqueuse de ce composé s'est colorée en jaune orange sous l'action de l'hydrosulfite de sodium en milieu bicarbonaté. Cette coloration a disparu après quelques minutes pour faire place au dégagement de CO_2.

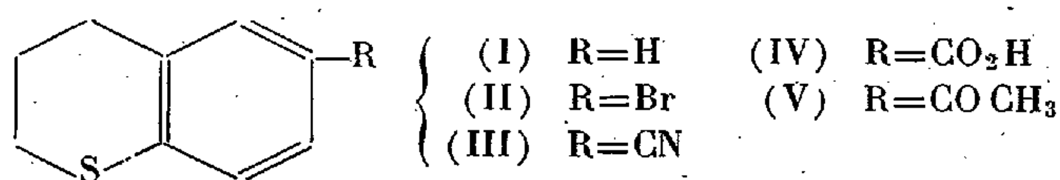
D'après P. Karrer et F. Benz (³) l'existence du composé orangé transitoire (probablement un radical libre à structure semiquinonique) caractérise l'hydrogénation des sels de pyridinium quaternaires. Si l'azote pyrrolidinique était lié au glucose, il ne pourrait y avoir réduction puisque ce noyau est complètement saturé. Les essais de réduction du composé (I) sont moins significatifs, car le produit de départ est coloré. Cependant nous avons observé un vif dégagement de CO_2 en traitant ce composé par l'hydrosulfite en milieu bicarbonaté; nous poursuivons à l'heure actuelle la purification des dérivés de l'*o*-dihydropyridine qui se forment dans ces réactions.

Ce *glucoalcaloïde* est, à notre connaissance, le premier où la liaison entre la base et l'ose ne s'effectue pas par l'intermédiaire d'un radical hydroxyle, mais grâce à un azote pyridinique. Il est possible que des composés de ce type existent dans les plantes. En effet N. A. Barbieri (⁴) a signalé la présence dans les feuilles d'un tabac non fermenté d'un principe rapidement décomposable par les alcalis dilués en libérant de la nicotine, de l'ammoniac, un acide organique et un sucre; il a donné à ce *glucoside acide azoté* le nom de *tabacine*. Mais aucun travail ultérieur n'est venu confirmer ou infirmer l'existence d'une telle combinaison. Nous avons entrepris cette étude et nous en ferons connaître ultérieurement les conclusions dans un autre Mémoire.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la substitution dans le noyau du thiachromane*. Note de M. **Paul Cagniant** et Mme **Paul Cagniant**, présentée par M. Marcel Delépine.

La bromuration du thiachromane conduit à un seul dérivé : le bromo-6 thiachromane dont la structure est déterminée par synthèse totale. A partir de ce corps, on obtient successivement le cyano-6 thiachromane, le carboxy-6 thiachromane et l'acétyl-6 thiachromane. Ce dernier est identique au produit obtenu par réaction de Friedel-Crafts.

Le thiachromane (I), traité par le brome, en solution sulfocarbonique, à température ambiante et à la lumière diffuse, donne presque quantitativement un dérivé bromé auquel nous attribuons la formule (II) du bromo-6 thiachromane.

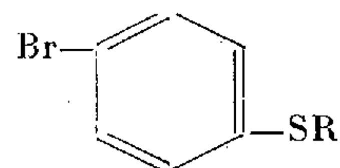


Ce composé, traité par le cyanure cuivreux à 250-300°, donne quantitativement le cyano-6 thiachromane (III), dont l'hydrolyse, par la potasse hydro-

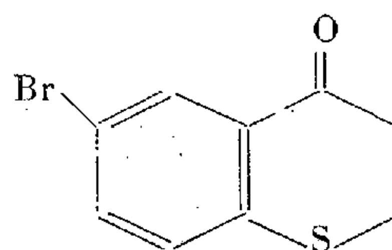
(³) *Helv. Chim. Acta*, 19, 1936, p. 1028.
(⁴) *Atti. Reale Accad. Lincei. Rendi Conti.*, (6), 7, 1928, p. 764.

alcoolique, conduit au carboxy-6 thiachromane (IV). Le chlorure de cet acide réagit facilement avec le diméthyl-cadmium pour donner l'acétyl-6 thiachromane, en tous points identique au produit de condensation du chlorure d'acétyle et du thiachromane, selon la réaction de Friedel-Crafts ([1]).

Nous avons effectué la synthèse du dérivé bromé (II), à partir du *p*-dibromobenzène, dont le monomagnésien donne, par action sur le soufre (selon la méthode de Taboury ([2]), le *p*-bromothiophénol (VI). Ce thiol réagit, en solution alcaline, avec le sel de sodium de l'acide β-bromopropionique, d'après le technique de Krollpfeiffer ([3]), pour donner l'acide *p*-bromophénylmercaptopropionique (VII). La cyclisation de ce dernier, sous l'action de l'acide sulfurique concentré à 66° Bé, conduit à la bromo-6 thiachromanone-4 (VIII), avec un rendement de 84 % environ. La réduction de cette cétone, selon la réaction de Clemmensen-Martin, permet d'obtenir, avec un excellent rendement, le bromo-6 thiachromane (II), identique au produit de la bromuration directe du thiachromane, ce qui détermine de façon certaine la constitution de ce corps.



(VI) R = H
(VII) R = $(CH_2)_2$—COOH



(VIII)

Description des corps nouveaux obtenus ([4]). — 1° Bromo-6 thiachromane (II), C_9H_9SBr, F 31°, paillettes nacrées incolores, très solubles dans les solvants organiques usuels; le point de fusion mélangé de l'échantillon obtenu par bromuration et de celui obtenu par synthèse ne présente pas d'abaissement.

2° Cyano-6 thiachromane (III), $C_{10}H_9SN$, F 52°, paillettes brillantes incolores, solubles dans l'éther de pétrole bouillant.

3° Carboxy-6 thiachromane (IV), $C_{10}H_{10}O_2S$, F 204°,5, petites paillettes incolores (benzène); chlorure de cet acide $C_{10}H_9OSCl$, E_{14} 178°, F 49°, aiguilles incolores (éther de pétrole); amide correspondant $C_{10}H_{11}ONS$, F 157°,5, fines aiguilles incolores, feutrées et brillantes.

4° Acétyl-6 thiachromane (V), $C_{11}H_{12}OS$, F 36°, cristaux incolores. Le point de fusion mélangé avec le produit acétylé obtenu par réaction de Friedel-Crafts ([1]) ne présente aucun abaissement. Oxime de la cétone (V), $C_{11}H_{13}ONS$, F 130°, fines aiguilles incolores (benzène-éther de pétrole). 2.4-dinitrophénylhydrazone de la cétone (V), $C_{17}H_{16}O_4N_4S$, F 245°, paillettes brillantes rouge carmin (benzène).

([1]) P. Cagniant et A. Deluzarche, *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 1012.

([2]) *Comptes rendus*, **138**, 1904, p. 982.

([3]) F. Krollpfeiffer et Schültz, *Ber. dtsch. chem. Ges.*, **56**, 1923, p. 1819.

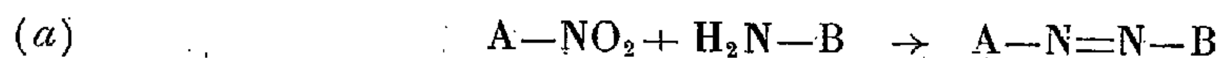
([4]) Les points de fusion ne sont pas corrigés; points de fusion instantanés pris par projection sur bloc Maquenne.

5° Acide *p*-bromophényl-mercaptopropionique (VII), $C_9H_9O_2SBr$, F 115°, paillettes incolores (benzène-éther de pétrole).

6° Bromo-6 thiachromanone-4 (VIII), C_9H_7OSBr, F 72°,5, fines aiguilles incolores (éther de pétrole); semicarbazone de cette cétone, $C_{10}H_{10}ON_3SBr$, F_{inst} 250°, petites aiguilles incolores assez peu solubles dans l'alcool bouillant; oxime correspondante, C_9H_8ONSBr, F 140°, avec ramollissement préalable vers 130°, cristaux incolores (benzène-éther de pétrole); 2.4-dinitrophénylhydrazone correspondante $C_{15}H_{11}O_4N_4SBr$, F_{inst} 320°, petites paillettes rouge cerise (benzène).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action des dérivés nitrés sur les dérivés aminés. IV. Transformation des aminoazoïques en bis-azocarbures. Nouvelle synthèse de 1.2; 3.4-dibenzo-phénazine.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai décrit précédemment ([1]) la formation de quelques azoïques aromatiques (azocarbures, éthers d'hydroxyazoïques, aminoazoïques) par condensation alcaline du nitrobenzène avec des substances (anilines, naphtylamines, anisidines, phénylènediamines) possédant au moins une fonction amine primaire directement liée à un noyau aromatique

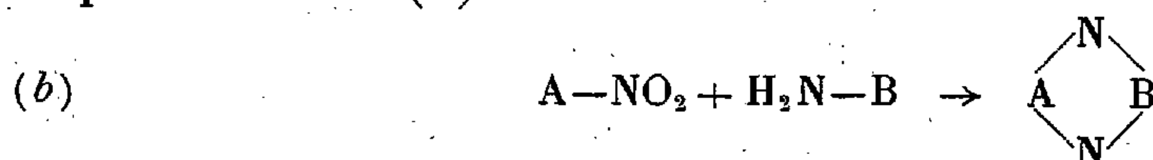


(*a*) $$A—NO_2 + H_2N—B \rightarrow A—N{=}N—B$$

[où $A{=}C_6H_5$ et $B{=}C_6H_5$; $C_{10}H_7$ (α ou β); $C_6H_4—OCH_3$ (*o* ou *m*); $C_6H_4—NH_2$ (*o*, *m* ou *p*)].

Les présentes recherches ont montré que les aminoazoïques, eux-mêmes, se condensent avec le nitrobenzène pour donner naissance à des bis-azocarbures (I) [Schéma (*a*) où $B = C_6H_4—N = N—C_6H_5$], ce qui confère à cette réaction un caractère de généralité plus grande et explique la formation de ces bis-dérivés, en tant que produits secondaires, au cours de la synthèse des aminoazobenzènes (*loc. cit.*).

Cependant, selon la température ([2]) et la constitution des radicaux A et B, la condensation des dérivés nitrés avec les dérivés aminés peut s'effectuer d'une manière totalement différente : au lieu de s'unir selon le schéma (*a*), les groupements azotés des molécules réagissantes peuvent se souder chacun au noyau aromatique antagoniste pour former, non pas des azoïques, mais des azines, d'après le schéma (*b*) :



(*b*) $$A—NO_2 + H_2N—B \rightarrow A \langle {}^{N}_{N} \rangle B$$

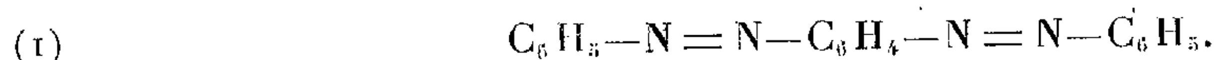
C'est ainsi que l'action de la soude sur un mélange de 9-nitrophénanthrène et d'aniline ($A = C_{14}H_9$; $B = C_6H_5$) m'a donné, avec un excellent rendement, non pas le 9-benzènazo-phénanthrène, mais l'azine correspondante, la *phénanthrophénazine* (II).

([1]) *Comptes rendus*, **223**, 1946, p. 747; **224**, 1947, p. 1332.

([2]) A. Wohl et W. Aue, *Ber. d. chem. Ges.*, **34**, 1901, p. 2442.

1.4-*bis-benzènazo-benzène* $C_{18}H_{14}N_4$:

(I) $C_6H_5-N=N-C_6H_4-N=N-C_6H_5$.



Dans un mélange de 4-aminoazobenzène (6g) et de nitrobenzène (3g,75), on introduit peu à peu, à 125-130°, de la soude pulvérisée (6g). Après avoir été chauffée encore 20 minutes, la masse réactionnelle refroidie est lavée successivement à ClH dilué, à l'eau et à l'alcool. Le résidu cristallise dans l'acide acétique en feuillets rouge orangé F 167-168° (3g), semblables à ceux qui résultent de l'action du nitrosobenzène sur le 4-aminoazobenzène ([3]).

Le 3-aminoazobenzène fournit dans des conditions analogues le 1-3-*bis-benzènazo-benzène*, $C_{18}H_{14}N_4$, F 78°.

1.2; 3.4-*Dibenzo-phénazine* $C_{20}H_{12}N_2$:

(II).



On introduit petit à petit, en agitant, de la soude pulvérisée (3g) dans un mélange de 9-nitrophénanthrène (4g,8) et d'aniline (2g,5) porté à 180°. Une réaction vive se manifeste aussitôt par une élévation de la température et un dégagement de vapeur d'eau. On évite de dépasser 190°. Au bout de dix minutes la condensation est terminée. On laisse refroidir, on broie la masse solidifiée avec de ClH dilué, essore et sèche dans le vide sulfurique. Le produit brut (5g,9) est ensuite purifié dans le benzène où l'azine se dépose en cristaux de couleur rouille. Dans un mélange d'éther et d'alcool elle cristallise en fines aiguilles jaunes F 219° (4g,8). Dosage d'azote (Dumas) : trouvé N % 9,96 et 10,15; calculé pour $C_{20}H_{12}N_2$, N % 10,00.

Le point de fusion du mélange avec la *phénanthrophénazine* préparée par condensation de l'*o*-phénylènediamine avec la phénanthrène-quinone ([4]), n'est pas abaissé. Les propriétés physiques des deux échantillons, et en particulier leurs spectres d'absorption, sont identiques.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'influence d'un cycle propanique par spectrographie infrarouge.* Note de Mlle **Marie-Louise Josien** et M. **Nelson Fuson**, présentée par M. Paul Pascal.

Au cours de l'examen de quelques composés stéroïdes dans la région de 3μ ([1]), l'un de nous a montré que la bande, habituellement considérée comme caractéristique d'un oscillateur CH voisin d'une liaison éthylénique

---

([3]) C. Mills, *J. Chem. Soc.*, **67**, 1895, p. 929; E. Bamberger, *Ber. d. chem. Ges.*, **29**, 1896, p. 103.

([4]) O. Hinsberg, *Ann. Chem.*, **237**, 1887, p. 340.

([1]) M-L. Josien, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 131.

et située à $3^{\mu},30$, pouvait être mise en évidence dans le spectre des composés *i*-stéroïdes; l'existence de cette bande a été imputée à l'influence du cycle propanique créé par la liaison qui unit les atomes 3 et 5 dans le cycle A de ces isomères.

Cette comparaison d'un cycle propanique avec une double liaison a été faite à de nombreuses reprises à la suite d'expériences proprement chimiques; son bien-fondé a été corroboré notamment par la magnétochimie ([2]), les spectrographies ultraviolette ([3]) et Raman ([4]). Nous rapportons aujourd'hui une nouvelle observation qui appelle le même rapprochement.

Résultats expérimentaux. — Nous avons étudié le spectre infrarouge des deux cétones 4-cholestène-3-one et *i*-cholestane-6-one; ces deux cétones ont été préparées par le Dr Edwin W. Meyer. Le premier de ces composés présente, en solution dans le sulfure de carbone, deux bandes dans la région de six microns : l'une très forte à $5^{\mu},95$, l'autre d'intensité moyenne à $6^{\mu},20$. Par contre, l'isomère *i* n'a qu'une seule bande très intense à $5^{\mu},90$. Le spectre des deux mêmes corps à l'état solide, cristaux pulvérisés dans l'huile de paraffine, ne permet pas de déceler aisément la bande à $6^{\mu},20$; mais l'autre maximum d'absorption est à $5^{\mu},96$ pour le composé dit normal et à $5^{\mu},94$ pour l'isomère *i*.

Discussion. — La bande très intense, voisine de $5^{\mu},95$, correspond, selon toute vraisemblance à l'oscillateur $C=O$. Il est intéressant de noter qu'à l'état solide, sa position est pratiquement la même pour les deux isomères. En solution, par contre, une légère différence se manifeste : la bande du composé normal n'est pratiquement pas influencée par le changement d'état, celle de l'*i*-cholestane-6-one est nettement déplacée vers les courtes longueurs d'onde.

Ces valeurs sont à rapprocher de celles publiées par Furchgott ([5]) et Jones ([6]). Furchgott qui utilise de minces pellicules solides, indique les valeurs $5^{\mu},97$ pour la position 3 du groupement cétonique, conjuguée en 4, et $5^{\mu},75$ pour la même position 3, non conjuguée. Jones donne pour le 4-cholestène-3-one la valeur 5,95; ce chiffre trouvé également pour toute une série de cétones, en solution dans le sulfure de carbone, cétones en position 3 conjuguées en 4 ou 1, est opposé par cet auteur au nombre 5,82 correspondant au même oscillateur $C=O$ en position 3, mais non conjugué. Notre résultat pour le 4-cholestène-3-one est en accord avec celui de Jones;

([2]) P. Pascal, *Ann. Phys. Chim.*, 25, 1912, p. 289.

([3]) I. M. Klotz, *J. Amer. Chem. Soc.*, 66. 1944, p. 88.

([4]) Lespiau, Bourguel et Wakeman, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 51, 1932, p. 400; Kohlrausch, *Zeits. für Elektrochemie*, 43, 1937, p. 282.

([5]) Furchgott, Rosenkrantz et Shorr, *J. Biol. Chem.*, 163, 1946, p. 375; 164, 1946, p. 621; 167, 1947, p. 627; 171, 1947, p. 523.

([6]) R. N. Jones et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, 70, 1948, p. 2024; 71, 1949, p. 241; 72, 1950, p. 86; 72, 1950, p. 956.

de plus, nous observons une longueur d'onde similaire dans le cas du *i*-cholestane-6-one. Cette fois encore, le voisinage d'un cycle propanique a le même effet qu'une double liaison conjuguée.

Cette influence du cycle propanique sur les oscillateurs C=O et C—H [1] ne permet pas, par l'étude des bandes correspondantes, de distinguer les *i*-stéroïdes des isomères normaux. Toutefois, la région de six microns les différencie par l'absence ou la présence de la bande due à la liaison C=C. C'est en effet à ce dernier groupement que nous attribuons, en accord avec Jones, le maximum d'absorption à $6^{\mu},20$. Soulignons cependant que la différenciation serait sans doute plus difficile si la double liaison C=C n'était pas conjuguée avec une fonction cétonique, ce qui rend la bande correspondante beaucoup plus intense.

Conclusion. — L'étude théorique permettant d'expliquer l'influence du cycle propanique sur des oscillateurs attachés soit directement sur un carbone du cycle, soit sur un carbone adjacent, reste à préciser. Observe-t-on un simple effet dû à la *tension* du cycle ou bien plutôt une densité électronique particulièrement élevée dans la région cyclopropanique est-elle responsable des divers phénomènes observés ?

CHIMIE ORGANIQUE. — *Quelques réactions particulières du* N-*bromosuccinimide dans la série des pyrazolones.* Note (*) de MM. **Jules Ledrut** et **Georges Combes**, présentée par M. Charles Dufraisse.

Par action du N-bromosuccinimide, l'antipyrine donne en premier lieu de la bromo-4 antipyrine qui conduit ensuite à la phényl-1 méthyl-2 bromométhyl-3 bromo-4 pyrazolone-5. Dans le cas de certains dérivés substitués en 4 (alcool, acide, aldéhyde), on observe une réaction de dégradation précédant la formation du bromure.

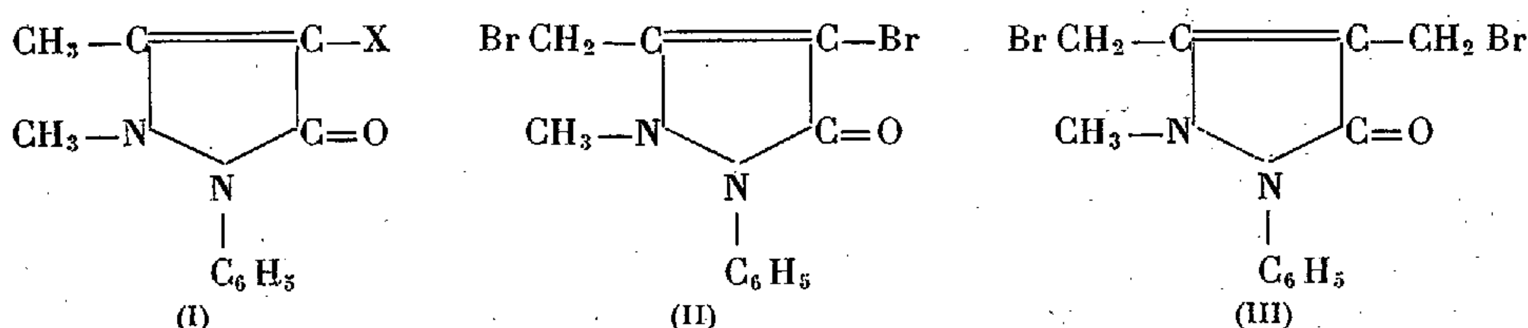
1. Par chauffage des quantités équimoléculaires d'antipyrine et de N-bromosuccinimide en solution dans CCl_4, on obtient uniquement la bromo-4 antipyrine (I *b*). En présence d'un excès de réactif (2^{mol}) on est conduit à un mélange de (I *b*) et de *phényl-*1 *méthyl-*2 *bromométhyl-*3 *bromo-*4 *pyrazolone-*5 (II) (F 134°, alcool), ce dernier donne avec l'hexaméthylène-tétramine un dérivé caractéristique $C_{17}H_{23}N_6OBr_2$ (F 220°-223° dec).

Le produit (II) est préparé également par action du N-bromosuccinimide sur la bromo-4 antipyrine. Le peroxyde de benzoyle n'exerce pas d'influence comme catalyseur de ces réactions, tandis que l'hydroquinone inhibe fortement la formation de (I*b*) dans l'action du N-bromosuccinimide (1^{mol}) sur l'antipyrine (1^{mol}).

La formation privilégiée de bromo-4 antipyrine, contraire à la règle générale

(*) Séance du 23 octobre 1950.

d'action du N-bromosuccinimide, pourrait s'expliquer si l'on admet que l'antipyrine réagit selon la structure cétonique de Knorr. D'autre part, Buu-Hoï ([1]) a montré que dans le cas des cétones $\alpha - \beta$ éthyléniques, l'on obtenait préférentiellement l'α-bromo-cétone plutôt que le bromure allylique; dans ce cas, la substitution en 4 de l'antipyrine pourrait s'expliquer par le mécanisme proposé par Soutwich ([2]). Rapprochons de cette réaction l'halogénation en α de l'acétylacétate d'éthyle ([3]) qui peut être considéré comme un élément constitutif en chaîne ouverte de la molécule pyrazolonique en remarquant que la position α correspond à la position 4 de l'antipyrine.



a. $X = H$; *b.* $X = Br$; *c.* $X = CH_3$; *d.* $X = CH_2OH$; *e.* $X = COOH$; *f.* $X = CHO$.

2. L'homologue supérieur, la *méthyl-4 antipyrine* (I*c*) conduit, dans les mêmes conditions, uniquement au dérivé dibromométhylé (III) (F 175°, alcool) même en défaut de réactif. (III) est également obtenu par action du N-bromosuccinimide sur la phényl-1 diméthyl-2.4 bromométhyl-3 pyrazolone-5 ([4]).

3. Contrairement à la réaction de déshydrogénation des alcools primaires par le N-bromosuccinimide avec formation de l'aldéhyde correspondant ([5]), *l'oxyméthyl-4 antipyrine* (I*d*) conduit exclusivement à la bromo-4 antipyrine avec départ de formol, quels que soient le mode opératoire et le solvant utilisés.

4. *L'acidé antipyrine-4 carboxylique* (I*e*) est décarboxylé dans les mêmes conditions et la bromo-4 antipyrine est isolé presque quantitativement.

5. *La formyl-4 antipyrine* ([6]) est relativement plus stable vis-à-vis du N-bromosuccinimide, mais par chauffage prolongé dans CCl_4 ou $CHCl_3$ on obtient une certaine quantité de (II) à côté de l'aldéhyde inaltérée. Par contre, le brome à froid en solution chloroformique conduit exclusivement à la bromo-4

([1]) *Experientia*, **2**, 1946, p. 310.

([2]) *J. Amer. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 1600.

([3]) A. Wohl, *Ber.*, **52**, 1919, p. 51 et **54**, 1921, p. 476.

([4]) *D. R. P.* **206-637**, Frdl., **9**, 1908. p. 959.

([5]) M. F. Hebeynck et R. H. Martin, *Experientia*, **5**, 1949, p. 69; C. A. Grob et H. V. Schmid, *ibid.*, **5** 1949, p. 199; L. F. Fieser et coll., *J. Amer. Chem. Soc.*, **71**, 1949, p. 3935.

([6]) K. Bodendorf, et coll., *Lieb. Annalen*, **563**, 1949, p. 1, et J. Ledrut et G. Combes, *Bull. Soc. Chim. France*, **17**, 1949, p. 127,

antipyrine. Des essais témoins ont montré que dans le cas des exemples 3, 4 et 5, on retrouve les produits de départ inaltérés quand on opère, dans les mêmes conditions, en absence de N-bromosuccinimide. Signalons que d'autres halogéno-imides, telles que la 1.3-*dichloro* 5.5-*diméthyl hydantoïne* ([7]) réagissent d'une manière analogue, l'antipyrine et l'oxyméthyl-4 antipyrine conduisent à la *chloro-4 antipyrine* (F 125°), mais le produit dichloré correspondant à (II) n'a pu être isolé.

L'action du N-bromosuccinimide comme agent de dégradation n'a pas été signalée dans la littérature et l'absence d'autres exemples nous empêche de préciser pour le moment le processus réactionnel.

GÉOLOGIE. — *La série jurassique du Jebel Tirremi et de ses abords, près de Taourirt (Maroc oriental)*. Note de MM. **Jules Agard**, **Henri Termier** et Mme **Geneviève Termier**, présentée par M. Paul Fallot.

Entre les deux synclinaux de Taourirt et de Camp-Berteaux, une zone anticlinale érodée laisse apparaître les terrains jurassiques plissés et faillés sous le Miocène transgressif et discordant. L'étude de ces terrains a mis en évidence la succession suivante :

Lias inférieur et moyen. — Le Jebel Tirremi lui-même est constitué par des dolomies à Algues calcaires puis par des calcaires très durs, à silex, qui ont fourni *Chlamys textorius*, *Spiriferina Munsteri*, *Terebratula Termieri*, *Rhynchonella dumbletonensis*, encrines. Les couches fossilifères appartiennent au Charmouthien.

Le Domérien a été signalé par P. Russo dans le versant sud-est du Tirremi, sous forme de calcaires gris à Harpocératidés d'affinités italiennes ([1]).

Toarcien. — L'ensemble précédent est ceinturé par une dépression formée par des marnes d'abord très gypseuses puis admettant des bancs à Bélemnites, enfin, renfermant au-dessus de ces calcaires une faune abondante : *Posidonia alpina*, *Plagiostoma* sp., *Dactylioceras subarmatum*, *D. crassiusculum*, *D. Mauryi*, *D.* cf. *annulatiforme*, *D.* cf. *gracile*, *Polyplectus discoides*, *Lillia comensis*, *L.* cf. *tirolensis*, *Haugia humilis*, *Harpoceratoides* cf. *lympharum*, *H.* cf. *alternatus*, *Phylloceras Nilssoni*, *Hildoceras bifrons*, *H.* cf. *Levisoni*, radioles de cidaridés, encrines, Polypiers, Végétaux. La puissance de l'étage peut atteindre 150m.

Aalénien. — Les marnes précédentes sont surmontées par une formation surtout calcaire qui a environ 50m de puissance. Elle contient : *Erycites fallax*, *Hammatoceras subinsigne*, *H. Lorteti*, *Oppelia præradiata*, *Holcophylloceras ultramontanum*, *Belemnites* sp., *Cancellophycus*.

Bajocien. — Vient ensuite une épaisse série de marnes vertes qui a fourni : *Posidonia alpina*, *Palæonucula Blanfordi*, *Eriphylopsis minima*, *Entolium* sp., *Plagiostoma subcardiiformis*, *Cryptænia* sp., *Belemnites* sp., *Rhynchonella* sp.

([7]) Bogaert-Verhoogen et R. H. Martin, *Bull. Soc. Chim. Belg.*, 58, 1949, p. 567.

([1]) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1866.

Couches de passage. — La partie supérieure des marnes renferme des bancs calcaires ou gréseux qui ont donné : *Oraniceras hamyanense*, *Parkinsonia orbignyana*, *Holcophylloceras mediterraneum*, *Morphoceras* cf. *pseudoanceps*, *Plagiostoma alticosta*, *Daghanirhynchia daghaniensis*, *Goniorhynchia Boueti*, *Rhynchonella quadriplicata*, *Holectypus* cf. *depressus*, *Clypeus* sp., *Belemnites* sp., Spongiaires.

Bathonien. — Cet étage se présente sous deux faciès : gréseux, marno-calcaire. Le faciès gréseux apparaît dans les couches de passage et il devient prédominant au-dessus d'un épisode important de marnes vertes et rouges. Les grès admettent des passées de marnes gypseuses et offrent des teintes variées : rouge, brun rouille, jaune et même blanc. Cette formation atteint 700^{m} de puissance. Le faciès marno-calcaire qui succède au précédent comporte, 2^{km} en aval des cascades de l'Oued Za, des bancs calcaires riches en coquilles : *Eligmus Rollandi*, *Modiolus imbricatus*, *Inoperna plicata*, *Brachyodontes* cf. *laitmairensis*, *Heimia furciliensis*, *Glyphæa* sp.

Conclusions. — Cette série forme la transition entre celle du Moyen-Atlas septentrional ([2]) et celle de la Région d'Oujda ([3]).

Dans le Moyen-Atlas, le Lias inférieur est dolomitique ou calcaro-dolomitique et contient des Brachiopodes, des Lamellibranches, des Echinides, des Polypiers et des Algues ; le Pliensbachien calcaire renferme des Brachiopodes et des Ammonites ; le Domérien calcaire également ; et, à un Toarcien calcaire et marneux riche en Ammonites pyriteuses, succède un Aalénien peu développé sous la forme de calcaire gréseux à Ammonites. Dans la région d'Oujda, le Lias, de puissance variable (50 à 600^{m}) est en grande partie dolomitique ; ses faunes de Brachiopodes, de Lamellibranches et d'Ammonites ont permis de distinguer le Pliensbachien, un Domérien dominant, un Toarcien peu développé à Djerada où il semble y avoir lacune de l'Aalénien ; ces deux derniers étages sont représentés en Algérie par des calcaires et marnes à Ammonites ([4]). Les marnes gypseuses du Tirremi n'existent donc pas dans les deux régions considérées.

Au contraire, les marnes vertes bajociennes correspondent exactement aux marnes de Boulemane (Moyen-Atlas), tandis que l'une des particularités du Tirremi est de renfermer comme la région d'Oujda, des couches à *Oraniceras*, qui sont inconnues dans la plus grande partie du Moyen-Atlas.

Enfin, dans le Moyen-Atlas, le Bathonien régressif est formé par des marnes versicolores ou gypseuses et des grès préludant à l'émersion du territoire. Dans la région d'Oujda, le Dogger est peu épais, mais le Bathonien passe au Callovien par un niveau constant d'oolithe ferrugineuse. Le secteur du Tirremi paraît avoir réalisé des conditions intermédiaires.

([2]) H. Termier, *Notes et Mémoires Service géologique du Maroc*, n° 33, 1936, II, p. 748-902.

([3]) B. Owodenko, *Mémoires Soc. géol. de Belgique*, 70, 1947, p. 112-120.

([4]) G. Lucas, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2e série, 16, 1942 p. 157-241.

GÉOLOGIE. — *Précisions sur les principales couches phosphatées de la formation éocène du bassin de Gafsa (Tunisie).* Note de M. **Léon Visse**, présentée par M. Paul Fallot.

L'étude stratigraphique de la formation phosphatée du Bassin de Gafsa (Tunisie) conduit aux conclusions suivantes :

1. La coupe générale de la formation est de haut en bas :

6° Complexe calcaire yprésien avec, à la base, une intercalation phosphatée pauvre et peu puissante : la couche 0.

5° Couches phosphatées I et II (Metlaoui-Redeyef) dont la puissance totale varie de 7 à 10^{m}.

4° Complexe calcaro-marno-phosphaté puissant de 9 à 10^{m}, avec, dans ses zones basale et terminale, deux niveaux phosphatés importants.

3° Assise puissante de calcaire et de marnes de 3 à 5^{m}.

2° Couche phosphatée de 0,50 à 2^{m},50.

1° Marnes thanétiennes du mur.



2. La coupe schématique synthétique de la formation (Redeyef-Metlaoui) ci-jointe (*figure*) précise l'existence de huit couches phosphatées de puissance relativement importante, et non quatre, comme cela avait été admis (couches I, II, III et IV des exploitants). Le couplage de certaines assises nouvelles individualise des faisceaux présentant des puissances totales et utiles compatibles avec une mise en exploitation. Le tableau ci-joint résume les dénominations que je propose pour les diverses couches de la formation.

Ancienne dénomin.	Désignation nouvelle.		Puissance (m.) totale.	Puissance (m.) utile.	Titre moyen.	Répartition (*).	Boulets (**).
0.		Couche 0	0,85	0,85	35	–	–
I.	Faisceau D	Couche I	5	2,40	57,5	M, R, A, D	60-90 M
II.		» II	2,10	1,80	61,5	M, R, A, D	30-80 M
–	Faisceau C	Couche III	2	1,40	58	R	20-30 R
–		» IV			55	R	30 R
–	Faisceau B	Couche V	3,55	2,80	61	M, D	50 M
III.		» VI			60	M, R, A, D	50 M
IV.	Faisceau A	Couche VII	2,10	1,60	60	M, D	–
		» VIII			60	M, R, A, D	–

(*) M : Metlaoui; R : Redeyef; A : Aïn Moularès; D : M'Dilla.
(**) Les chiffres indiquent la hauteur en centimètres des lits de boulets à partir du mur.

Sans retenir le cas de la couche 0, pauvre et sans aucune puissance utile appréciable, signalons :

Le faisceau phosphaté D, groupant les couches I et II.

Cette unité présente une grande répartition géographique et recouvre pratiquement la presque totalité de la superficie du Bassin de Gafsa; elle est bien connue, puisque exploitée.

Le faisceau phosphaté C, assemblant les couches III et IV, séparées par une intercalation stérile ($0^m,50$). La couche III est caractérisée par la présence de *Cardita gracilis* et *Avorrhais decoratus* Locard. Elle présente, à mi-hauteur, un rang de boulets (Table Chouabine), passant parfois à un banc calcaire (Table Zimra), caractère répété dans la couche IV. Ce faisceau est principalement développé dans la région de Rédeyef (puissance utile $1^m,40$). Vers l'Est (Metlaoui), la couche III est remaniée à la base de la couche II, et la couche IV devient marneuse (Oued Tseldja), ou partiellement stérile (Metlaoui).

Le faisceau B, groupant les couches V et VI. Il se situe à la base du complexe n° 4 de la coupe décrite ci-dessus. Cette unité prend toute son ampleur à l'Ouest de l'oued Tseldja et au Sud du Djebel Alima (région de Metlaoui-M'Dilla). Avec une puissance totale de $3^m,55$ pour une puissance utile de $2^m,80$, le faisceau B pourrait se prêter à une exploitation (titre moyen 60 %). La couche VI présente une vaste extension géographique (Aïn Moularès-Redeyef-Metlaoui-M'Dilla).

La couche V s'individualise à l'Est de l'oued Tseldja. Vers l'Ouest, elle fait place à un horizon marneux stérile (Redeyef, Aïn Moularès, etc.).

Le faisceau phosphaté A, trouvant son individualité dans l'ensemble des couches VII et VIII. Il se situe à la base de la formation phosphatée, sous l'assise n° 3. Dans la région de Metlaoui, sa puissance utile est de $1^m,60$, pour une épaisseur totale de $2^m,10$. Comme dans le cas précédent (faisceau B), la couche VIII présente une vaste extension (Aïn Moularès, Redeyef, Metlaoui, etc.). Par contre, la couche VII ne s'individualise que dans la région de l'oued

Tseldja-Metlaoui, où elle ne présente cependant qu'une puissance restreinte ($0^m,60$). La couche VII titre en moyenne 59-60 % de phosphate tricalcique, comme la couche VIII. Le faisceau phosphaté A (couches VII et VIII) correspond à la couche IV des exploitants.

Parmi les corrélations admissibles, citons la couche 0 d'Aïn Moularès qui représente, stratigraphiquement, la couche I. Les couches appelées I et II par les exploitants de M'Dilla doivent être assimilées aux couches V et VI, et la couche dite *pauvre*, de ce même gisement, correspond au faisceau D.

Conclusion. — Cette brève mise au point permet de préciser toute une série d'assises phosphatées (8 au lieu de 4), nouvelles ou jusqu'ici imprécisées, pour lesquelles (faisceaux A et B), un projet de mise en valeur peut être envisagé, compte tenu de leur puissance, de leur titre et de leur aptitude nullement négligeable à l'enrichissement.

GÉOLOGIE. — *Sur le Pliocène et le Quaternaire de la région d'Ouarzazate (versant sud du Haut-Atlas marocain).* Note de M. **Henri Gauthier**, présentée par M. Paul Fallot.

Entre les chaînons les plus méridionaux du Haut-Atlas marocain et le djebel Sarrho, s'allonge, d'Ouest en Est sur plus de 120^{km}, un grand synclinal dit *des Khelas*, que la route principale n° 31 suit, sur presque toute sa longueur, depuis l'Ouest d'Ouarzazate jusqu'à l'Est de Boumalne. Parlant des sédiments détritiques qui remplissent ce synclinal, M. E. Roch dit notamment : « Il se peut donc qu'on y trouve représentés de l'Éocène supérieur, de l'Oligo-Miocène et du *Pliocène*. La présence de Quaternaire qui y constitue des terrasses est évidente [1] ». De récentes recherches permettent de préciser la part qui revient au Pliocène et au Quaternaire dans ce vaste ensemble.

La morphologie de la zone envisagée ici, est caractérisée par l'existence d'immenses plateaux, plus ou moins morcelés par l'érosion et dénommés *Khelas*. Pour la plupart, ils s'allongent en direction Nord-Sud et certains se suivent en quasi-continuité sur plus de 20^{km} de l'Atlas au Sarrho. Tous présentent la même constitution géologique : à la base sont des grès relativement fins avec, localement, des passées de calcaires lacustres ou des marnes quelquefois gypsifères; au sommet, ravinant la formation précédente, vient une série conglomératique très grossière dont les éléments mal calibrés sont, le plus souvent, réunis par un ciment calcaréo-gréseux. L'épaisseur de ce conglomérat varie entre $0^m,75$ et 10^m.

La constance d'une telle disposition conduit à penser qu'il s'agit là de deux formations distinctes. Cette hypothèse se vérifie quand on suit les khelas vers

---

(1) E. Roch, *Notes et Mémoires du Serv. géol. du Maroc*, n° 51, 1939, p. 336.

le Nord. En effet, lorsqu'on se rapproche de l'Atlas, on voit la série gréseuse inférieure, affectée de plis à large rayon de courbure, recouverte en nette discordance par le conglomérat superficiel horizontal. Par exemple, sous les khelas Imdouane Zidnine, au Nord d'Ouarzazate (feuille d'Ouarzazate au 1/200 000e, intersection des coordonnées 355-455^{km}), les grès de base plongent vers le Sud sous un angle qui atteint 45° alors que le poudingue supérieur est parfaitement horizontal.

Les sédiments détritiques, lacustres ou saumâtres du socle des khelas représentant le Miocène continental ([2]). Les cailloutis de surface sont post-miocènes; leur mise en place relève de phénomènes d'alluvionnement d'un type particulier, en relation avec un réseau hydrographique comparable, dans son tracé, au réseau actuel. De par leurs altitudes, la formation de ces plateaux s'intègre dans les cycles des phénomènes quaternaires.

Toutefois, l'examen des galets constitutifs du conglomérat, montre : 1° que les uns sont originaires de l'Atlas (calcaires liasiques et éocènes, grès crétacés, etc.) et les autres du Sarrho (rhyolithes, quartzites, etc.); 2° que la répartition de ces deux catégories ne dépend pas du réseau hydrographique actuel. Par exemple on trouve des roches provenant du Sarrho très en amont sur les plateaux qui dominent les vallées d'oueds descendant de l'Atlas. Il faut donc admettre qu'une partie de ce matériel était sédimenté antérieurement au Quaternaire et postérieurement à la phase orogénique qui a suivi le dépôt du Miocène continental. Je conclus que les conglomérats du sommet des khelas contiennent, outre des éléments quaternaires, des sédiments pliocènes remaniés.

Le Pliocène ne peut exister en place que dans les régions où les phénomènes d'alluvionnement quaternaires ont manqué d'ampleur. C'est ainsi qu'au Nord du village de Timatraouine, sur la piste automobile qui conduit de Boumalne à Tinerhir, on observe, en ravinement sur les falaises crétacées et éocènes, une série détritique grossière, épaisse de 5 à 20^{m}. Les éléments sont unis par un abondant ciment calcaire passant par endroits à un véritable calcaire concrétionné. Ces cailloutis dominent l'oued de 150^{m} environ; ils ont été, pour la plupart, amenés du Sarrho avant le creusement de la profonde vallée qui les en sépare maintenant. Leur faciès est différent de celui des poudingues du Miocène continental qui affleurent, engagés dans les plissements, à 6 ou 7^{km} de là, au Sud-Est de l'Arg n'Sidi Ali Bourek. Je considère cette formation comme un lambeau de Pliocène non remanié car, en ce secteur, la faible distance entre Atlas et Sarrho a empêché le développement des grandes khelas quaternaires si largement étalées plus à l'Ouest.

Notons de plus que, dans les régions voisines des chaînes plissées (bordure

([2]) G. Choubert, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5e série, 15, p. 677 et suiv; H. Gauthier, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1322.

nord et extrémité orientale du synclinal), l'opposition entre les sédiments de la base et du sommet des khelas apparaît moins nettement, du fait que le Miocène est représenté lui aussi par des conglomérats grossiers. Cependant la distinction reste possible : le matériel quaternaire est toujours moins bien calibré et quelquefois on peut suivre la surface de ravinement qui sépare les deux ensembles (plateau de la rive gauche du Dadès à l'aval de Boumalne). Enfin, comme c'est le cas dans la vallée du Mgoun, le Quaternaire horizontal peut reposer sur les poudingues redressés du Miocène continental.

GÉOLOGIE. — *La magnésite (giobertite) de la haute vallée de l'Arga (Pyrénée de la Navarre espagnole) et d'Urepel (Basses-Pyrénées).* Note de M. **Joaquin Gomez de Llarena**, présentée par M. Paul Fallot.

La monotone série des matériaux dévoniens et carbonifères qui constituent le sol de cette région, a révélé, depuis peu, l'un des plus importants gisements mondiaux de magnésite sédimentaire. Ses affleurements, partout altérés, étaient restés inaperçus au milieu des roches encaissantes.

Cependant, en quelques lieux (Asturreta, dans la vallée de l'Arga, environs d'Urepel en Basse-Navarre française), on connaissait un sable cristallin produit par la désagrégation de cette magnésite.

C'est en exploitant, comme mortier, à Asturreta, ce sable cristallin, qu'on a récemment mis à jour la magnésite fraîche, interstratifiée dans une série de schistes et de grauwackes comportant également quelques bancs calcaires, en une succession fortement inclinée sur le flanc Ouest d'un anticlinal.

La magnésite est d'origine lagunaire, de précipitation directe du carbonate double de magnésium et calcium, où le premier l'emporte de beaucoup sur le second. On y voit des bandes parallèles nettement individualisées, d'une épaisseur moyenne de 1 à 3^{cm}; chacune d'elles est constituée par de grands cristaux rhomboédriques aplatis, brillants, serrés les uns contre les autres et orientés normalement au plan de stratification. Çà et là on trouve des géodes de calcite, des rognons de silex et des amas de pyrite. Les matières organiques se sont concentrées en lits noirâtres, de largeur variable, lors de la cristallisation de la magnésite, ce qui donne à la roche un aspect très particulier.

Des intercalations de dolomie ordinaire, ainsi que de calcaire siliceux, indiquent des troubles momentanés du procsssus de sédimentation de la magnésite.

La surface des bancs de magnésite et des autres formations qui lui sont associées porte des traces de vers et de végétaux; on y voit aussi des ripple-marks. Les terrains encaissants ne manifestent aucune trace de dolomitisation progressive : le passage des roches stériles à la magnésite est brusque, ce qui démontre qu'on n'est pas en présence de dépôts épigéniques.

Il y a plusieurs couches de magnésite. L'une d'entre elles peut être datée. En effet, j'ai découvert à Asturreta (Eugi) une faune que M. H. Schmidt a bien voulu déterminer et qui se rencontre dans des calcaires dolomitiques très altérés, au toit de la magnésite et en contact immédiat avec celle-ci.

Outre des crinoïdes, *Eumorphoceras bisulcatum* Girty; *Cravenoceras stellarum* Bisat; *Cravenoceratoïdes nititoides* Bisat; *Nuculoceras fragilis* Bisat; *Proshumardites Karpinskyi* Rauser; *Paralelodon tenuistriatus* Meck et Worth; *Pterinopecten mosensis* Kon; *Chonetipustula plicata* Sarres; *Chonetipustula concentrica* Sarres; *Productus* aff. *frechi* Paeck; constituent un ensemble qui date le Namurien inférieur.

Au toit de la magnésite, dans une autre carrière, j'ai trouvé des frondes pyritisées de Ptéridospermées indéterminables ([1]).

Un autre niveau, non moins important, de magnésite a été rencontré au col d'Artesiaga, en plein massif du Quinto Real, à 10^{km} au Sud d'Elizondo, et à 5^{km} au Nord d'Asturreta. Ce gisement se trouve à la limite du Dévonien et du Carbonifère, juste au-dessus des griottes. La carrière de Loicia, à Urepel, appartient au Dévonien inférieur.

Il est intéressant d'ajouter qu'une flore dévonienne a été découverte aux abords de la route de Quinto Real au col de Urquiaga : non loin de la caserne des carabiniers, j'y ai observé des empreintes médiocres paraissant attribuables aux genres *Psilophyton* et *Haliserites*.

GÉOLOGIE. — *Le chevauchement bordier de Petite Kabylie (Algérie).* Note de M. **Michel Durand Delga**, présentée par M. Paul Fallot.

Les terrains métamorphiques du Massif ancien de Petite Kabylie sont bordés au Sud par le Mésozoïque de la Chaîne numidique et de la Zone du Tell. Les deux domaines sont en contact visible sur un front d'environ 60^{km}, selon une ligne orientée sensiblement Est-Ouest. A l'Ouest du méridien de Djidjelli, comme à l'Est de celui d'El Milia, l'Oligocène en masque le prolongement. La présente Note envisagera le contact bordier, puis l'allure de la série paléozoïque au Nord de ce dernier.

L'extrémité orientale du contact montre, au Sud d'El Milia, le chevauchement vers le Sud, sur 8^{km} en profondeur, du Secondaire autochtone de la Chaîne numidique par les micaschistes et calcschistes du Moul-ed-Demamene ([1]). Trois écailles à matériel mésozoïque s'intercalent entre les deux ensembles. En totalisant les déplacements *visibles* de ces diverses unités, on est conduit à

([1]) Rappelons qu'une flore carbonifère a été signalée non loin de là, par Stuart-Menteath, en 1886 [*B. S. G. F.*, (3), **14**, p. 589].

([1]) Durand Delga, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1826.

envisager, pour le Paléozoïque, un chevauchement d'environ 25^{km} vers le Sud, sur la transversale de l'Oued-el-Kébir d'El Milia. Ces écailles disparaissent par laminage, à l'Est de cette transversale. A l'Ouest, au versant occidental de l'oued, seule subsiste l'écaille la plus basse (écaille des Kefs), dont une imbrication supérieure se montre directement sous les micaschistes. Plus à l'Ouest encore, les deux lames à éléments mésozoïques qui, près du Sidi-Marouf ([2]), s'enfoncent sous le Paléozoïque, peuvent représenter la suite des deux éléments de la même *écaille des Kefs*. Ces écailles intercalaires sont visibles sur 12^{km} d'Est en Ouest. Elles disparaissent définitivement par effilement rapide vers l'Ouest. En avant du front de chevauchement, le Dj. Sidi-Marouf ([2]), qui m'était apparu comme une klippe de terrains jurassiques posés sur le Crétacé supérieur, est, en réalité, enraciné sur place, bien que ceinturé d'un contact anormal presque continu, avec chevauchement périphérique.

La partie moyenne du contact bordier, entre le Sidi-Marouf, à l'Est, et l'Oued Djenndjene, à l'Ouest, montre les divers termes de la série métamorphique chevauchant encore, vers le Sud, le Flysch albo-aptien de la zone tellienne : ainsi, près de la Metcha Tamekrat, un étroit et profond rentrant de Flysch s'observe sous le Cristallophyllien. Le Flysch est, en général, renversé sur le Crétacé supérieur qui s'étend plus au Sud.

L'extrémité occidentale de la zone bordière permet encore, autour de Texenna ([3]), d'observer le chevauchement; mais la surface de contact anormal, qui varie de l'horizontale à la verticale, est, en général, fortement inclinée au Nord. L'existence de lambeaux de Cristallophyllien posés sur le Flysch crétacé, 2 ou 3^{km} en avant du contact frontal, témoigne, toutefois, de l'ampleur du déplacement.

La série métamorphique du Massif de Petite Kabylie, chevauchant le Mésoïque, présente, le long du contact bordier, l'allure d'un grand pli couché au Sud. Une coupe transversale montre, du Sud vers le Nord, le Flysch chevauché par une série de micaschistes à deux micas, parfois très épaisse; ces derniers passent, vers le haut, à des gneiss à deux micas, riches en cipolins, que surmontent, au Nord, de nouveaux micaschistes à deux micas. La parenté entre les micaschistes de la base des gneiss et ceux reposant sur ces derniers semble évidente, en dépit de légères différences pétrographiques. Outre le degré de métamorphisme analogue, il faut noter la présence, dans les deux séries, de lentilles d'un même calcaire dolomitique jaune. De plus, vers Texenna, des intercalations de roches basiques stratifiées s'observent à la fois dans les micaschistes de la série inférieure, juste *au-dessous* des gneiss, et, peu au Nord-Ouest de là, dans les micaschistes de la série supérieure, juste *au-dessus* des gneiss.

([2]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1913.
([3]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 19, 1949, p. 271.

Ce pli couché offre divers aspects, selon ses intersections avec la surface topographique. Ainsi, au Nord du Kef Dardja, son enveloppe mésozoïque est observable : le Flysch crétacé, qui partout ailleurs plonge sous le Métamorphique, lui est ici, sur 3^{km} de front, normalement superposé; le Flysch du flanc renversé apparaît plus au Nord, en fenêtre, sous les micaschistes. D'autre part, les micaschistes du flanc inverse du pli couché subissent, dans la partie orientale du contact bordier, une réduction considérable, due à leur écrasement; ils arrivent ainsi à former une véritable lame, entre le Flysch chevauché et les gneiss chevauchants.

Le contact anormal bordier du Massif ancien apparaît ainsi comme résultant, dans le flanc inverse du pli couché, du décollement du noyau paléozoïque et du glissement de ce dernier au-dessus du Flysch crétacé plastique. Rien en effet ne permet d'imaginer que le pli couché soit ancien, par exemple hercynien, et que les chevauchements tertiaires se soient exactement superposés à lui. Ces mouvements sont bien datés. Ils intéressent l'Éocène inférieur, alors que l'Oligocène, fossilifère à sa base, leur est postérieur. Ainsi, dans la partie moyenne du contact bordier, l'Oligocène à faciès *numidien* est superposé indifféremment à l'avant comme à l'arrière-pays. De même, à l'Ouest du Moul-ed-Demamene, on voit la transgression du *Numidien* recouper obliquement la série des unités charriées.

En résumé, l'achèvement de mes levers détaillés au 20 000e montre que le chevauchement vers le Sud du Paléozoïque kabyle, que j'ai signalé antérieurement au Sud d'El Milia et autour de Texenna, est continu, entre ces deux points, sur un front de 60^{km}. L'ampleur du mouvement, chiffrable localement par plus de 25^{km}, doit diminuer vers l'Ouest, où se manifeste par contre, avec son ampleur maxima, le pli couché de matériel ancien.

Ainsi se trouve définie une *nappe bordière de Petite Kabylie* dont il conviendra d'étudier le prolongement oriental. Pour la première fois en Algérie, des observations précises révèlent donc de grands chevauchements affectant la partie méridionale des massifs anciens kabyles. Leur âge antéoligocène les classe dans la phase pyrénéenne majeure.

GÉOLOGIE. — *Sur la succession et le style des phases tectoniques dans la Vanoise (zone du Briançonnais entre Arc et Isère).* Note de M. **François Ellenberger**, présentée par M. Paul Fallot.

Les grandes phases tectoniques dans la Vanoise et la Haute-Tarentaise. Le pli couché Vanoise-Mont-Pourri charrié sur la zone houillère et précocement érodé. Phase de traînage des restes de la couverture mésozoïque sous la nappe des schistes lustrés. Phase de plissements et d'écailles en retour déversés vers l'Italie, reflux des schistes lustrés.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai résumé l'histoire paléogéographique de

([1]) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1409-1411.

la Vanoise, caractérisée par une première phase quasi géosynclinale du Westphalien au Trias, puis par un état géanticlinal dès lors. Des transgressions successives venant soit de l'Ouest, soit de l'Est, témoignent de mouvements orogéniques embryonnaires. J'ajouterai ici, que dans la région de Val-d'Isère-Grande-Sassière, les dénudations archaïques ont été plus intenses qu'ailleurs, notamment au Crétacé supérieur (brèches à éléments cristallins de la Tsanteleina). Mais le gros de la tectonique est issu de phases majeures tertiaires multiples, selon une histoire fort compliquée, dont résultent des structures désordonnées en apparence.

a, La tectonique du socle : le pli couché Vanoise-Mont-Pourri. — Un premier fait s'impose : l'indépendance lithologique et tectonique des masses paléozoïques et de leur couverture mésozoïque décollée en écailles. Les discontinuités du socle (défini mécaniquement parlant), soulignées par de brusques sauts de faciès, ne coïncident pas avec les limites actuelles des faciès dans la couverture.

Un examen lithologique attentif des terrains primaires suffit à révéler une discontinuité majeure selon une ligne Modane-Pralognan-Champagny-Nancroit-La Thuile. Elle sépare la *zone houillère* à l'Ouest (avec son Houiller productif de type quasi normal et son Permien spécial à roches intrusives granodioritiques) de la *zone Vanoise-Mont-Pourri* à l'Est, avec un Houiller subitement plus métamorphique, parfois gorgé de sills basiques et un Permien varié mais toujours très différent de celui de la zone houillère. De part et d'autre du synclinorium transverse du Col de la Vanoise, les différences lithologiques sont notables entre la Vanoise méridionale et le Massif Grand Bec-Mont-Pourri, mais moindres que l'opposition précédente.

De Modane à Champagny, le grand accident limite pourrait évoquer en surface un *synclinorium de succion*, avec structures en éventail. Mais, vers le Nord, l'exhaussement d'axe révèle à partir de la vallée de Champagny la vraie nature du contact : *c'est un synclinal séparateur de style pennique*, se vidant en profondeur, d'abord de ses écailles triasiques, puis de ses deux permiens en contact anormal. La Vanoise septentrionale n'est ni une nappe mince comme le pensait J. Boussac, ni proprement une écaille au sens de L. Moret; c'est un lourd pli couché dont le flanc inverse chevauche de plusieurs kilomètres la zone houillère (fenêtre permienne de Friburge, rentrants ou demi-fenêtres de Nancroit et de la Thuile) avec encapuchonnement frontal superficiel. C'est à des rejeux tardifs qu'est due la bande connue de roches broyées jalonnant le contact frontal.

b. La tectonique tangentielle de la couverture. — Selon un style prévu par M. Gignoux et E. Raguin (mais de bien plus grande envergure qu'on ne le pensait), la couverture mésozoïque s'est décollée et a été longuement traînée en rabotant le Paléozoïque. Elle forme des écailles, massives et isolées à l'Ouest, laminées et accumulées à l'Est (écailles de la Grande Motte, etc). Le socle n'y participe généralement pas. Bien mieux : l'énorme discordance entre les

écailles et les structures du Paléozoïque laisse penser que les écailles ont cheminé vers le Nord-Ouest sur une surface de dénudation ancienne arasant en partie les carapaces des replis du socle. Ces écailles proviennent de l'arrachement de ce qui restait de la couverture, sans doute déjà un peu plissée et décollée avant la phase de dénudation principale ancienne.

c. *Nappe des schistes lustrés et rôle des gypses.* — Le moteur du traînage tangentiel de ces écailles n'a pu être que la Nappe des Schistes lustrés, qui a dû recouvrir sur une grande épaisseur presque toute la Vanoise. Il en reste, on le sait, de grands témoins flottants, très spectaculaires dans la région de Tignes. Cette nappe, dont la structure intérieure plutôt tranquille évoque un écoulement sans contraintes, a exercé une action comparable à celle du Flysch à Helminthoïdes dans les Nappes de l'Embrunais, jouant le rôle de traîneau écraseur vis-à-vis des ruines de la couverture briançonnaise. Mais, de plus, un rôle spécial de coussinet de glissement a été joué ici par les gypses, entraînés ou extravasés en masses puissantes à la base de la nappe en marche. Ces gypses en mouvement ont parfois curieusement modelé leur substratum (reliefs *insulaires* sous-gypseux, faux polis glaciaires, etc.).

d. *Phase isoclinale tardive de plis en retour.* — Les structures tangentielles précédentes, ainsi que les gypses et les schistes lustrés charriés, sont impliqués un peu partout dans un système de plis et d'écailles redressées postérieures aux charriages majeurs, poussées vers l'Est ou le Sud-Est. Ces écailles sont remarquables aux abords ouest du Massif d'Ambin (Éventail de Termignon) et du Massif Bonneval-Grand Paradis (écailles de l'Iseran et du haut Val de Rhêmes); elles s'observent aussi, entre autres, à la limite Vanoise méridionale-zone houillère (écailles de Pralognan-Chavières). On peut les attribuer au resserrement forcé de toute la zone briançonnaise. Ce resserrement semble avoir accentué les emboutissements et encapuchonnements en profondeur; il a provoqué localement un écaillage isoclinal et même causé en surface un certain reflux tardif des schistes lustrés vers l'Italie (effets de basculement ou parfois de traction tangentielle ascendante d'écailles briançonnaises). Enfin ajoutons que si le métamorphisme s'est poursuivi encore au début de la phase précédente, de nombreux broyages locaux montrent que des mouvements incoordonnés ont eu lieu très tardivement pendant les progrès de la dénudation.

GÉOLOGIE. — *Précisions sur certaines couches triasiques du Chablais voisines du front de la Nappe de la Brèche.* Note (*) de M. **Jean Ricour**, transmise par M. Maurice Lugeon.

J'ai montré [1] que des niveaux de grès charbonneux situés dans le Chablais à proximité du front de la Nappe de la Brèche appartiennent au Trias supé-

(*) Séance du 6 décembre 1950.

[1] *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 851-852.

rieur et non au Carbonifère. Le gisement signalé au Nord-Est du Chalet Blanc ([2]) n'est que la continuation de celui des Munes vers le Nord-Ouest. Le gisement du Chalet du Foron du Dessous ([2]), de même que ceux de Roche Palud et de Géblu ([3]), appartiennent également au Trias supérieur.

Tout me portait à admettre ([1]) que les niveaux gréseux des Munes sont indépendants aussi bien des Préalpes médianes que de la Nappe de la Brèche. Un doute pouvait subsister car, à première vue, les grès du Trias semblent former une série continue avec la Brèche jurassique. La comparaison de deux coupes permet de lever le doute :

a. Dans un torrent qui coule d'Est en Ouest à 160^m au Sud de *Sur les Préses* ([4]), les grès triasiques passent vers le bas (série renversée) à des schistes noirs entrecoupés de bancs de dolomie jaune (15^m). Le contact est souligné par une dolomie à silex noirs. Les schistes contiennent d'assez abondantes empreintes de lamellibranches indéterminables. Plus bas viennent des dolomies marneuses, à cassure conchoïdale, riches en *Bactryllium* (8^m), puis des dolomies grises altérées en jaune (15^m). En l'absence de fossiles caractéristiques, les faciès nous permettent de classer ces formations dans le Rhétien. Il se pourrait qu'une zone de laminage passe dans le torrent entre le Rhétien et la Brèche. Ces deux formations y sont en effet séparées par une zone sans affleurement.

Cette coupe nous montre un Rhétien qui passe sans discontinuité aux Grès du Trias supérieur, mais le tout n'a aucune relation stratigraphique avec la Brèche superposée à l'ensemble.

b. En ligne de crête et sur le flanc S de l'arête qui descend de la pointe de Chalune au col de la Bolire, les calcaires du Trias de Chalune passent progressivement à la Brèche jurassique par l'intermédiaire d'une brèche à éléments exclusivement triasiques. Les grès du Trias que l'on suit depuis les Munes jusqu'au Chalet Blanc s'engagent sans aucun doute *sous* les calcaires de Chalune.

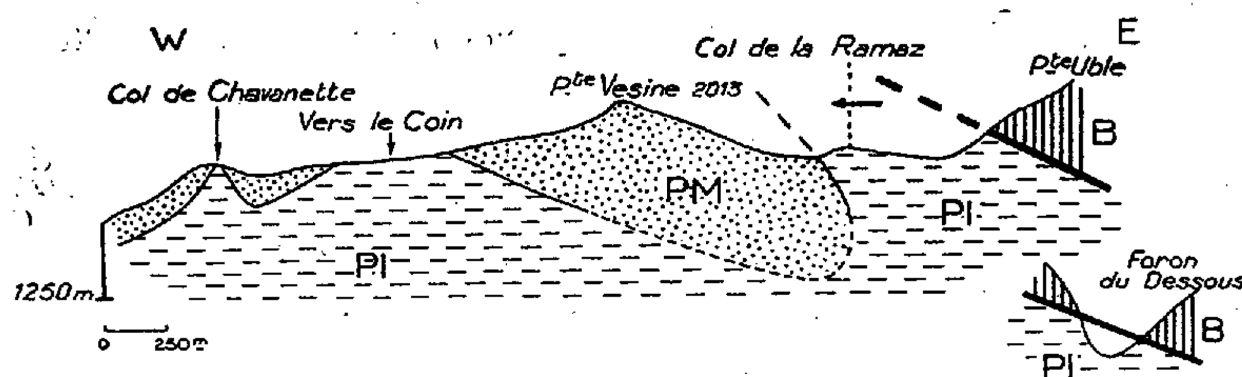
Si nous classions dans une même unité tectonique les calcaires de Chalune et les grès triasiques des Munes, nous devrions admettre que, dans l'arête de Chalune, le Rhétien a été complètement érodé par la Brèche jurassique et qu'aux Munes les calcaires de Chalune ont été détruits par une érosion antérhétienne. La première des coupes décrites ci-après nous montre que cette dernière hypothèse est invraisemblable. Il ne saurait non plus être question d'admettre une disparition aussi rapide des calcaires de Chalune par passage latéral aux *Grès des Munes*.

On arrive à la conclusion que ces deux formations du Trias appartiennent à des unités tectoniques différentes dont la surface de contact est probablement

([2]) W. J. SCHROEDER, *Arch. Sc. Phys. et Nat. Genève*, (5), 21, 1939, p. 49.
([3]) A. LOMBARD, *Eclog. Geol. Helv.*, 33, n° 1, p. 58.
([4]) Feuille au 1/20000, Samoëns, n° 6.

soulignée par les lambeaux de quartzite blanc infra-triasique signalés à proximité des grès supra-triasiques des chalets du *Foron-du-Dessous* [2], de *Vers-le-Coin* [3] et du *Farquet* [5].

Les *Grès des Munes* n'ont de plus aucune affinité avec les formations triasiques de la Nappe de la Brèche. J'ai étudié le seul gisement de schistes et grès qui y ait été signalé [6], celui du Spitzhorn dans le Simmental et j'ai de



B, nappe de la Brèche; PM, nappe des Préalpes médianes; PI, nappe des Préalpes internes.

bonnes raisons de croire que ces schistes sont jurassiques. Le Trias des Munes ressemble par contre beaucoup à celui du Nord du massif de l'Aar. Cette ressemblance est encore plus frappante si l'on se souvient qu'à Géblu, au-dessus de Matringe, le Trias supérieur est formé d'argilites rouges qui semblent bien correspondre à un passage latéral des *Grès des Munes*. De même les argilites rouges du Trias de l'Aar [7] passent latéralement à des schistes à *Equisetum*. Ces deux mêmes faciès se côtoient dans le Trias ultra-dauphinois de la vallée de l'Arvan [8]. Les *Grès des Munes* rappellent donc les formations triasiques des Helvétides.

La situation tectonique des divers gisements permet de les rattacher aux Préalpes internes. Dans ce cas la bande de grès qui s'étend du Chalet Blanc au col de la Ramaz et celles de Géblu et de Roche Palud seraient comprises dans une involution des Préalpes internes poussée sur les Préalpes médianes par la Nappe de la Brèche. Le gisement du Foron du Dessous apparaîtrait en fenêtre sous la Brèche et ceux de Vers le Coin, de Chavan et de la Tournette en fenêtre également, mais sous les Préalpes médianes (*figure*).

Nos recherches confirment ainsi les vues de MM. Lugeon et Gagnebin [9] et [10] sur l'existence d'un énorme paquet des Préalpes internes visible de la vallée du Giffre jusque dans les hauteurs de la Pointe d'Uble.

---

(5) M. Lugeon, *Bull. Serv. Carte Géol. France*, **7**, n° 49, 1896, p. 52.

(6) H. Renz, *Eclog. Geol. Helv.*, **29**, n° 1, 1936, p. 258-259.

(7) W. Bruderer, *Bull. Lab. Géol. Min. Géoph. et Mus. Géol. Uni. Lausanne*, n° **37**, 1924.

(8) J. Ricour, *Bull. Soc. Géol. France*, (5), **18**, 1948, p. 256-270.

(9) *Bull. Soc. Géol. France*, (5), **16**, 1946, p. 487.

(10) *Bull. Lab. Géol. Min. Géoph. et Mus. géol. Univ. Lausanne*, n° **72**, 1941, p. 39.

GÉOLOGIE. — *Le Briovérien métamorphique du pays d'Olonne.*
Note de M. **Gilbert Mathieu**, transmise par M. Pierre Pruvost.

La région côtière de la Vendée a fait l'objet déjà de nombreuses publications dont la plus ancienne est celle de M. A. Rivière (¹) signalant l'existence de cipolin à Sauveterre et la plus récente celle de Mme Ters-Fouillé (²) qui décrit le niveau du poudingue de Gourin dans le cristallophyllien des Sables-d'Olonne. Mes récentes recherches ont porté sur les détails pétrographiques et tectoniques de la série des gneiss-micaschistes s'étendant depuis la Pointe du Payré jusqu'au havre de la Gachère.

Pétrographie. — On peut facilement distinguer, suivant l'échelle de métamorphisme de MM. Jung et Roques, des embréchites avec les gneiss œillés et plissotés, des micaschistes inférieurs à biotite et muscovite, enfin des micaschistes supérieurs à muscovite. Le métamorphisme affectant une série sédimentaire avec alternance de bancs calcaires et marneux, il y a production de cipolin bien stratifié et de micaschiste à gros *grenats*, mais il n'y a pas de zone à grenat au sens de F. Corin (³) exprimant un certain degré de transformation. Le développement des falaises montre de très beaux filons de pegmatite, d'aplite et même de granulite; on peut observer très nettement dans les gneiss les filons d'aplite recoupant les pegmatites plus anciennes. Ces pegmatites forment également entre l'Aubraié et Sauveterre de gros filons de plusieurs mètres obliques à 5° sur la direction Est-Ouest du schiste grenatifère. J'ai remarqué en deux points sur le littoral de la Chaume une sorte de brèche de micaschiste à ciment de pegmatite. De tels filons de pegmatite présentent sur leurs bords une zone de cristallisation de muscovite; au centre on observe des fragments de schiste à muscovite qui se décolorent et passent à une accumulation de feuillets de muscovite avec départ dans la masse des éléments ferromagnésiens du micaschiste.

La recristallisation la plus poussée paraît se produire au puits d'Enfer où les gneiss granulitiques perdent leur schistosité et tendent vers le granite d'anatexie. Au toit de la série métamorphique existe le niveau spécial du psammite d'Olonne à porphyroblastes de microline rose; c'est un grès limite au sens de Ch. Barrois comme le grès du Guémené (⁴).

Tectonique. — Depuis la Pointe du Payré jusqu'à Sauveterre, la série métamorphique du Pays d'Olonne revient trois fois dans les falaises. A Saint-Nicolas, on voit une série de micaschistes à biotite et grenat inclinés à 40° N-E

(¹) *Mém. Soc. Géol. France*, 2e série, 4, 1851.
(²) *C. R. somm. S. G. F.*, 1950, p. 81.
(³) *Revue des Questions scientifiques*, 99, 1931, Bruxelles.
(⁴) *Ann. Soc. Géol. Nord*, **11**, 1884, p. 103.

qui se termine dans les falaises de Saint-Martin et de Cayola par des schistes micacés à muscovite qui passent à la zone épi. A Portjuré on tombe brusquement dans les gneiss, qui nous conduiront insensiblement aux micaschistes à biotite de la ville des Sables-d'Olonne (plage à marée basse). Un gros accident hercynien existe dans la rade des Sables-d'Olonne. En effet, au Sud, les micaschistes de la Rudelière présentent un pendage 25° N, tandis qu'au Nord les gneiss du Fort Saint-Nicolas et de la grande jetée ont le pendage 45° N-E. De plus entre le Fort Saint-Nicolas et la Pointe de l'Aiguille, la tectonique de détail des embréchites est complexe; ainsi on peut remarquer un anticlinal suivi d'un synclinal à l'approche de l'accident supposé. Ces embréchites de la Chaume nous conduisent au schiste séricitique de Sauveterre s'enfonçant sous l'Hettangien du petit estuaire de la Gachère. Pour l'accident tectonique des Sables-d'Olonne, on a, à la fois, l'argument d'un changement brusque de direction de 45° et celui de la rupture du degré de métamorphisme.

Il y a donc deux gros accidents, l'un à Portjuré et l'autre entre la grande jetée des Sables et les basses roches de la Rudelière. Ces failles paraissent sensiblement Est-Ouest et sont des relevages vers le Nord du terme inférieur de la série cristallophyllienne, c'est-à-dire des embréchites. Un tel style tectonique nous est connu ([5]) depuis longtemps dans le bas bocage de Palluau par la répétition de l'étage des phtanites par plis-failles; en particulier l'arrachement d'Olonne met le niveau à phtanites sur la série calcaire des Sables.

Structure générale de la côte. — J'avais d'abord raccordé les trois gisements du calcaire de Sauveterre, de la Fontsouce (au Nord d'Olonne) et les assises grenatifères suivant un alignement NW-SE en direction sud-armoricaine. Un examen plus détaillé me montre un système plus complexe de plis Est-Ouest en *direction du Léon*, le gisement du cipolin de Sauveterre passe à l'Est aux amphibolites d'Olonne en raison d'une recristallisation du Briovérien en gneiss granulitique de la Pierre Levée. Cette direction côtière se maintiendra jusqu'à la Pointe de Saint-Gildas. Elle est oblique de 45° sur l'axe anticlinal des gneiss de l'Ile d'Yeu.

Les zones de broyage des failles de Portjuré et des Sables sont à l'origine des baies actuelles, les gneiss granulitiques donnent des falaises, tandis que les micaschistes forment des côtes plus basses.

Stratigraphie. — Les calcaires cipolins ne forment pas d'importantes lentilles, comme les gisements dévoniens de l'Anjou : Erbray, Vern, Chalonnes, Chaudefonds. Pour cette raison je pense que l'âge dévonien doit être écarté et il faut voir un niveau plus ancien comme celui de Saint-Thurial de la série de Gourin de Ch. Barrois. De son côté, le psammite d'Olonne n'a rien qui le rapproche avec certitude des grès et poudingue de l'Arenig de Vendée (La Châtaigneraie). La série d'Olonne paraît donc appartenir au Briovérien

---

([5]) G. Mathieu, *Thèse Sciences*, Lille, 1937, p. 64 (*fig.* 15).

métamorphique. Le passage latéral de cipolin à l'amphibolite nous donne un argument stratigraphique d'un grand poids : en effet, dans les environs de Saint-Gilles, les Amphibolites du Fenouiller sont superposées sur la série des grauwackes de Sion-sur-l'Océan reposant géométriquement sur les phtanites de Brétignolles. La série calcaire de Sauveterre est donc plus récente que le Briovérien à phtanite.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur le rayonnement du ciel nocturne dans le proche infrarouge.* Note de M. **Jean Dufay**, présentée par M. Jean Cabannes.

A.B. Meinel ([1]) a montré que les nombreuses radiations qu'il a photographiées dans le spectre du ciel nocturne, de 7200 à 9000 Å, appartenaient au système de vibration-rotation de la molécule OH. Les seules radiations étrangères correspondent à la bande (0,1) du système *atmosphérique* de O_2. Dans la région visible, à part les raies atomiques bien connues du sodium et de l'oxygène, J. Cabannes, J. Dufay et M. Dufay ([2]) n'ont trouvé de même que des bandes de OH. Ainsi, de 5800 à 9000 Å au moins, il n'y a pas trace du premier système positif de l'azote.

Plus loin, vers l'infarouge, J. Stebbins, A. E. Whitford et P. Swings ([3]) avaient déjà découvert une radiation extrêmement forte, peut-être 100 fois plus intense que la raie verte de l'oxygène. Il leur a paru vraisemblable de l'attribuer à la bande (0,0) du premier système positif de N_2, car leurs observations, faites sans spectroscope, en associant une cellule photoélectrique à différents filtres, les avaient conduits à la longueur d'onde 10 440 ± 25 Å. Mais, d'après une observation de Meinel et Smith ([1]), cette radiation *n'est même pas approximativement monochromatique*. Meinel et Herzberg ont suggéré indépendamment qu'elle pouvait provenir de l'extension prévue vers les grandes longueurs d'onde du système de vibration-rotation de OH.

V. J. Krassowsky ([4]) a appliqué à l'étude de cette région spectrale un transformateur d'images électronique, qui permet d'obtenir, sur un écran fluorescent, une image visible du spectre infrarouge, jusque vers $1^{\mu},1$. En photographiant l'écran, Krassowsky ([5]) a découvert, sans en indiquer l'origine, une série de radiations nouvelles, assez larges, dont les longueurs d'onde sont rassemblées dans la première colonne du tableau ci-dessous.

La troisième colonne contient les longueurs d'onde des *origines* des bandes de OH prévues par la formule empirique établie par J. Cabannes, J. Dufay et

---

(1) *Astrophys. J.*, **111**, 1950, p. 555.
(2) *Comptes rendus*, **230**, 1950, p. 1233.
(3) *Phys. Rev.*, **66**, 1944, p. 225; *Astrophys. J.*, **101**, 1945, p. 39.
(4) *Rapports* (Doklady) *de l'Académie des Sciences de l'U. R. S. S.*, **66**, 1949, n° 1.
(5) *Ibid.*, **70**, 1950, n° 6.

M. Dufay ([6]), pour représenter leurs observations dans le spectre visible. Ces valeurs ne peuvent être qu'approchées, en raison des perturbations qui affectent les niveaux de vibration de la molécule ([7]), mais elles coïncident de façon satisfaisante avec celles que Meinel ([1]) a calculées à partir de ses mesures dans le proche infrarouge ($\lambda < 0^{\mu},9$) (4e colonne).

Rappelons que les bandes de OH, partiellement résolues de 5 800 à 9 000 Å, sont caractérisées par un maximum important au début de la branche Q, au voisinage immédiat de l'origine, par un maximum un peu moins intense, de longueur d'onde un peu plus courte, au début de la branche R, enfin, vers les grandes longueurs d'onde, par l'étalement de la branche P, dont les composantes sont aisément séparées. On ne peut attendre une résolution aussi poussée des spectrogrammes de Krassowsky, dont la dispersion est bien plus petite (1 200 Å/mm vers 8 800 Å, 2 400 Å/mm vers 11 000 Å).

λ observés (Å).	Identification proposée.	λ calculés (origines) (C + D) (Å).	(M) (Å).
1	2	3	4
8 870	OH, (7, 3)	8 833	8 829
9 391	OH, (8, 4), branche Q	9 382	9 380
(~ 9 700)	OH, (3, 0)	9 788	9 793
9 976	O_2, (0, 2)	(9 965)	
10 217	OH, (4, 1), branches R et Q	10 284	10 281
10 374	» » branche P	–	–
10 827	OH, (5, 2), branche Q	10 832	10 826

Les radiations 9 391 et 10 827 Å du ciel coïncident bien avec les branches Q des bandes (8,4) et (5,2). Les maxima (mal séparés l'un de l'autre) observés à 10 217 et 10 374 Å semblent correspondre respectivement à l'ensemble des branches R et Q et à la branche P de la bande (4,1). La longueur d'onde 8870 représente probablement l'ensemble de la bande (7,3) (R à 8 778, Q à 8 829, P_1 à 8 889 Å, d'après Meinel). Enfin la très faible radiation voisine de 9 700 Å, dont la longueur d'onde est beaucoup plus incertaine, correspondrait à la bande (3,0).

Seule la radiation 9 976 Å n'appartient pas au système de vibration-rotation de OH. Mais il s'agit presque certainement de la bande (0,2) du système atmosphérique de O_2, dont l'origine est à 9 965 Å. Sur l'enregistrement microphotométrique reproduit par Krassowsky, elle est plus forte que la

([6]) La formule donnée dans la Note citée plus haut ([2]) est entachée d'une erreur d'impression. Il faut lire :

$$\nu = 3\,651,2\,v - 82,6\,v^2 + 0,173\,v^3 - 0,016\,v^4.$$

([7]) *Astrophys. J.*, **112**, 1950, p. 120.

bande (0,1), qu'il observe à 8641 Å (origine 8645 Å). L'émission des bandes (0,1) et (0,2) est en accord avec la règle de Frank-Condon.

Ainsi les belles expériences de Krassowsky vérifient pleinement l'hypothèse de Meinel et de Herzberg. Le rayonnement du ciel nocturne dans le proche infrarouge, dont la grande intensité a été signalée il y a longtemps déjà par R. Grandmontagne [8], provient essentiellement des bandes de vibration-rotation de OH et accessoirement des bandes atmosphériques de O_2.

ÉCOLOGIE. — *Les températures moyennes nocturnes, diurnes et nycthémérales exprimées en fonction du minimum et du maximum journaliers de température.* Note de M. **Marc Hallaire**, présentée par M. Albert Demolon.

Nous avons montré [1] que la température θ relevée sous l'abri météorologique à une certaine heure pouvait être donnée avec une approximation suffisante par la formule

$$\theta = m + \rho A, \tag{1}$$

m désignant le minimum de température du jour considéré, A l'amplitude et ρ un coefficient qui, pour chaque heure locale h, et dans les régions de latitude moyenne tout au moins, ne dépend en première approximation que de la durée du jour d_j (tableau I).

Tabeau I.

Coefficients ρ (*multipliés par* 100) *exprimés en fonction de l'heure locale h et de la durée du jour* d_j (*en heures*).

En gras : les coefficients relatifs aux heures du jour.

):	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
..	45	43	41	40	39	37	37	37	**38**	**44**	**52**	**63**	**74**	**78**	**76**	70	65	60	57	54	52	50	48	46
..	35	32	29	26	24	21	21	**27**	**38**	**47**	**57**	**70**	**80**	**85**	**84**	**79**	71	63	57	51	47	43	41	39
..	29	24	20	16	13	11	**11**	**25**	**46**	**57**	**66**	**74**	**83**	**87**	**87**	**85**	**78**	69	60	51	45	40	37	34
..	24	20	15	11	09	**11**	**12**	**25**	**48**	**60**	**69**	**77**	**85**	**89**	**89**	**88**	**83**	**74**	65	54	46	39	33	29
..	20	15	11	07	**06**	**11**	**19**	**31**	**53**	**63**	**73**	**80**	**86**	**90**	**91**	**90**	**86**	**79**	**71**	60	49	37	28	24
.	13	09	06	**05**	**10**	**22**	**37**	**49**	**62**	**72**	**80**	**85**	**89**	**91**	**93**	**93**	**89**	**82**	**74**	**63**	50	35	28	17

On a vu comment ces coefficients permettent de déterminer rapidement la fréquence des températures horaires; nous nous proposons de montrer ici qu'ils permettent également de calculer directement, en fonction du minimum m et de l'amplitude A, les températures moyennes diurnes et nocturnes et sont

(8) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 337; **207**, 1938, p. 275; *Ann. Phys.*, **16**, 1941, p. 253.

(1) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 406-408.

ainsi susceptibles de rendre certains services dans les recherches touchant au thermopériodisme.

Désignons par θ_j les températures moyennes des différentes heures de la phase diurne, par θ_N celles de la phase nocturne et par ρ_j et ρ_N les coefficients ρ qui correspondent respectivement aux heures du jour et de la nuit.

Au cours d'un nycthémère caractérisé par m et A, les températures moyennes des phases nocturne $\overline{\theta}_N$, diurne $\overline{\theta}_j$ et nycthémérale $\overline{\theta}$, sont respectivement données par les équations

$$\overline{\theta}_N = \frac{\Sigma\theta_N}{24 - d_j}, \qquad \overline{\theta}_j = \frac{\Sigma\theta_j}{d_j} \qquad \text{et} \qquad \overline{\theta} = \frac{\Sigma\theta}{24}.$$

ou, en tenant compte de l'équation (1)

(2) $$\overline{\theta}_N = m + \mathrm{A}\frac{\Sigma\rho_N}{24 - d_j},$$

(3) $$\overline{\theta}_j = m + \mathrm{A}\frac{\Sigma\rho_j}{d_j}$$

et

(4) $$\overline{\theta} = m + \mathrm{A}\frac{\Sigma\rho}{24}.$$

Or le tableau I permet de calculer, pour différentes valeurs de la durée du jour d_j, les coefficients $\Sigma\rho_N/(24 - d_j)$, $\Sigma\rho_j/d_j$ et $\Sigma\rho/24$ (tableau II).

TABLEAU II.

d_j.	$\Sigma\rho_N$.	$\frac{\Sigma\rho_N}{24-d_j}$.	$\Sigma\rho_j$.	$\frac{\Sigma\rho_j}{d_j}$.	$\Sigma\rho$.	$\frac{\Sigma\rho}{24}$.
7............	8,21	0,48	4,25	0,61	12,46	0,52
9............	6,00	0,40	5,67	0,64	11,67	0,49
11............	4,50	0,345	6,99	0,635	11,49	0,48
13............	3,45	0,31	8,10	0,62	11,55	0,48
15............	2,51	0,28	9,29	0,62	11,80	0,49
17............	1,58	0,23	10,96	0,64	12,54	0,52

On remarque que, si le coefficient $\Sigma\rho_N/(24 - d_j)$ diminue régulièrement à mesure que d_j augmente, les deux autres coefficients sont sensiblement constants et égaux respectivement à 0,63 et 0,50.

Ce dernier résultat conduit, pour le calcul de la température moyenne du nycthémère à la formule classique $\overline{\theta} = 0{,}5\,(\mathrm{M} + m)$. On sait que celle-ci surestime la valeur de la température moyenne dans les pays tels que la France et la sous-estime, au contraire, dans les régions de latitude plus élevée, quand la durée du jour est inférieure à 8 heures ou dépasse 16 heures. C'est bien ce qui ressort de l'examen du tableau II.

Les formules précédentes peuvent s'appliquer non seulement au nycthémère

mais à une période d'une durée quelconque, si l'on désigne alors par m la moyenne des températures minimums et par A la moyenne des amplitudes au cours de cette période. En ce qui concerne toutefois l'application de la formule (2) au calcul de la température moyenne nocturne, la période envisagée doit être suffisamment courte pour que la durée du jour d_j et par suite le coefficient $\Sigma\rho_j/(24 - d_j)$ demeurent sensiblement constants.

Le tableau III, donné à titre d'exemple, indique un accord satisfaisant entre les valeurs des températures moyennes diurnes et nocturnes déduites des formules proposées ou d'un dépouillement horaire normal des diagrammes d'enregistreurs.

TABLEAU III.

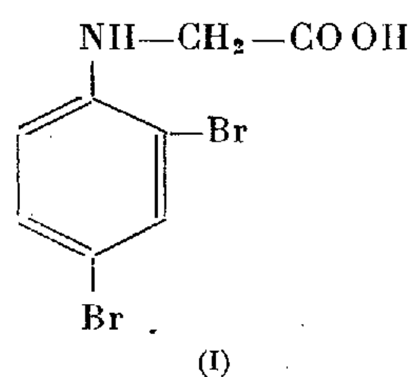
	Versailles (décembre 1942 à novembre 1943).											Moscou (1936).		
Mois..........	Déc.	Janv.	Fév.	Mars.	Avr.	Mai.	Juin.	Juill.	Août.	Sept.	Oct.	Nov.	Avr.	Mai.	Juin.
Dép. hor...	4,5	5,2	3,4	5,4	9,4	11,9	12,7	15,5	15,2	12,5	10,1	4,5	2,9	9,4	15,4
Form. (2)...	4,6	5,0	3,8	5,8	9,2	11,6	12,8	15,6	15,5	12,5	10,4	4,7	2,8	9,5	15,1
Dép. hor...	5,6	6,0	5,4	9,3	13,4	15,2	17,1	20,3	19,1	16,2	12,4	6,2	5,3	14,1	20,0
Form. (2)...	5,3	6,1	5,5	9,3	13,0	15,4	16,9	20,2	18,9	15,4	12,3	6,0	5,5	13,9	20,3

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action du 2.4-dibromophénylglycocolle sur le développement des tissus de Topinambour cultivés* in vitro. Note de MM. **Robert Longchamp** et **Henri Pachéco**, présentée par M. Joseph Magrou.

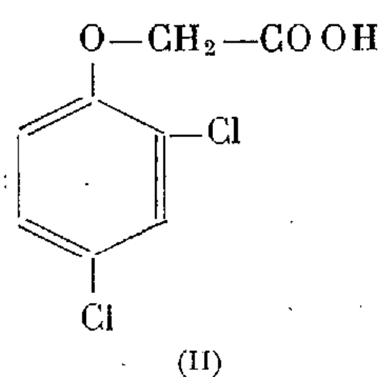
Le 2.4-dibromophénylglycocolle est une substance de division analogue aux hétéro-auxines et dont l'activité est un peu inférieure à celle de l'acide indole-acétique.

On sait que les substances de croissance, par exemple l'acide indole-acétique, l'acide naphtalène-acétique, etc., ont le pouvoir de provoquer la multiplication des cellules parenchymateuses ou cambiales [1]. Gautheret et Raoul [2], en voulant démontrer la généralité de cette propriété, ont constaté que d'autres hétéro-auxines, les acides naphtoxy-acétique et 2.4-dichlorophénoxy-acétique, possédaient elles aussi la faculté de stimuler la multiplication cellulaire.

Il nous a paru intéressant d'étudier l'action d'un composé nouveau : le dibromo-2.4 phénylglycocolle (I).



(I)



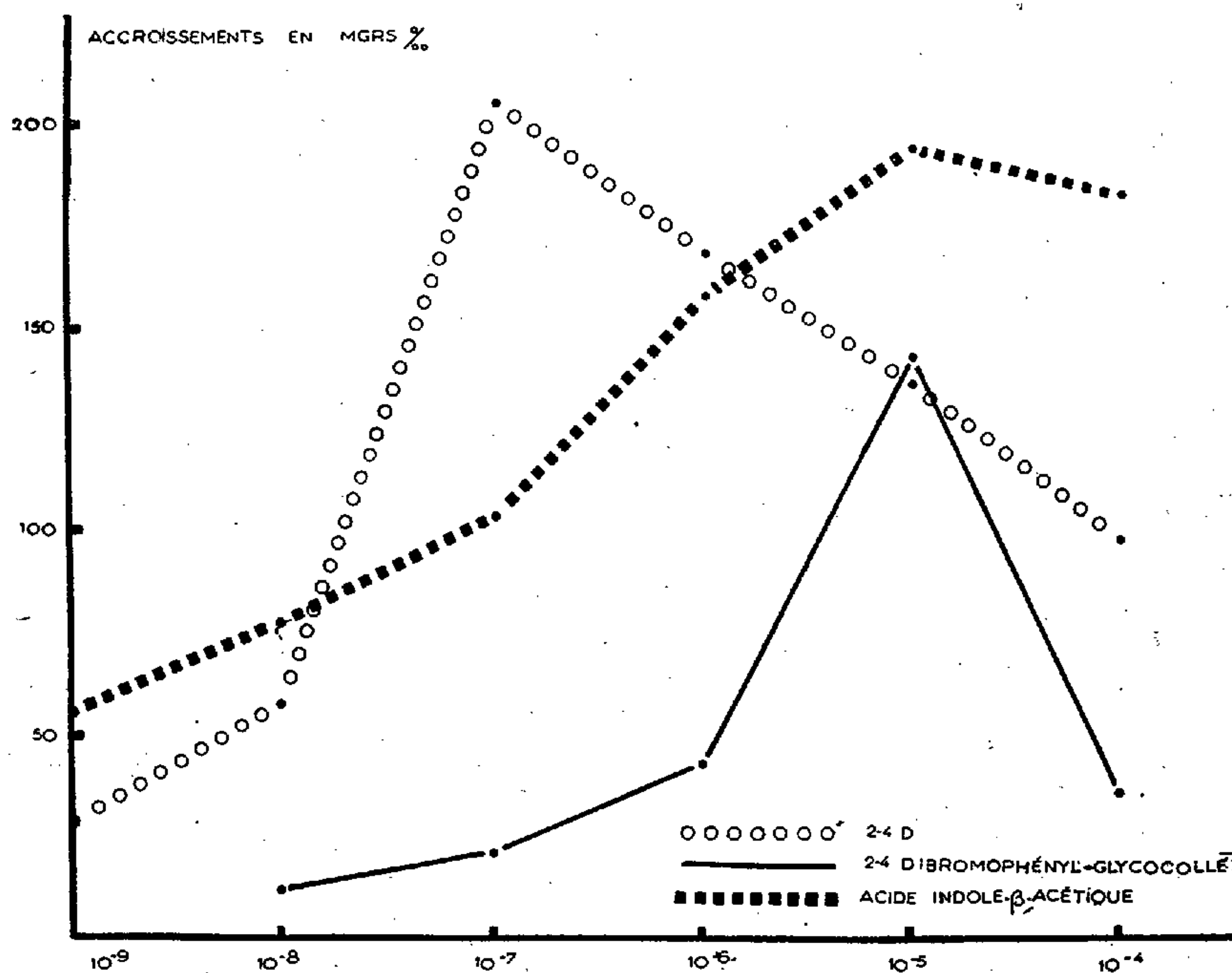
(II)

(1) R. J. Gautheret, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **24**, 1942, p. 13-47.

(2) *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 129.

Au point de vue chimique, la structure de ce corps ressemble beaucoup à celle de l'acide dichloro-2-4-phénoxy-acétique (II); les atomes de chlore sont remplacés par des atomes de brome, l'atome d'oxygène par le groupement isostère — NH (c'est-à-dire qui possède la même configuration électronique périphérique). La similitude de structure permettait d'envisager une analogie d'activité.

Ce corps a été préparé par l'un de nous en utilisant une technique un peu semblable à celle utilisée pour la préparation du phénylglycocolle ([3]). On a condensé de la dibromo-2-4-aniline avec du monochloracétate de sodium, en présence d'acétate de sodium, en milieu hydro-alcoolique. Le corps ainsi obtenu était une poudre blanche fondant à 166°.



Action comparée du 2.4 D, *du 2.4-dibromophénylglycocolle et de l'acide indole-acétique sur la prolifération de tissus de Topinambour cultivés* in vitro.

L'examen des trois courbes permet de constater que le 2.4-dibromophénylglycocolle est moins actif que le 2.4 D; son maximum d'activité se manifeste pour une dose 100 fois supérieure à celle correspondant au maximum du 2.4 D. Il se conduit plutôt comme l'acide indole-acétique, mais possède cependant des propriétés stimulantes plus faibles que celui-ci.

Pour étudier son activité nous avons fait agir cette substance sur des tissus cultivés *in vitro* en prenant comme terme de comparaison des cultures réalisées en présence d'acide indole-acétique et d'acide 2.4-dichlorophénoxy-acétique.

Nous avons préparé une série de milieux nutritifs gélosés additionnés de doses

---

([3]) HAUSDÖRFER, *Berichte*, 22, 1889, p. 1799.

variables de 2.4-dibromophénylglycocolle (10^{-8} à 10^{-4}), d'acide 2.4-dichlorophénoxy-acétique (10^{-9} à 10^{-4}), et d'acide indole-acétique (10^{-9} à 10^{-4}). Ces milieux ont été ensemencés aseptiquement avec des fragments de tubercules mûrs de Topinambour (variété n° 1 de la collection Vilmorin). Chaque série de cultures correspondant à une certaine dose d'un produit donné comportait 12 explantats. Le poids moyen initial de chaque explantat était de 850^{mg}. Les cultures ont été maintenues à l'obscurité à une température de 18-20°. Au bout de 60 jours, les explantats furent pesés et nous avons calculé leur accroissement par différence.

Les résultats obtenus sont résumés par le graphique ci-joint. Ce graphique montre que le 2.4-dibromophénylglycocolle est un stimulant de la prolifération cellulaire. Son activité maximum s'obtient pour une dose de l'ordre de 10^{-5} qui est la même que celle enregistrée dans le cas de l'acide indole-acétique. Toutefois l'intensité de la prolifération obtenue avec le 2.4-dibromophénylglycocolle est plus faible et à la dose de 10^{-5} elle n'atteint pas les 3/4 de celle produite par l'acide indole-acétique. Ce rapport des activités est encore plus petit pour des doses inférieures des substances de croissance. L'acide 2.4-dichlorophénoxy-acétique s'est, au contraire, montré bien plus actif.

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Sur l'excitation de la synthèse de la chlorophylle par divers agents chimiques.* Note de M. **Georges Brebion**, transmise par M. Robert Courrier.

L'action de diverses substances sur des feuilles étiolées et isolées de blé se traduit par une augmentation de la vitesse de synthèse de la chlorophylle ; pluralité probable des mécanismes.

Ayant précédemment étudié l'action inhibitrice de diverses substances (narcotiques indifférents et colchicine) sur l'assimilation chlorophyllienne et la synthèse de la chlorophylle ([1]), ([2]) et ([3]), nous avons recherché si certaines des substances inhibitrices pouvaient aussi exercer, dans un domaine de concentrations plus faibles, une action excitante sur la synthèse de la chlorophylle.

Nous avons employé deux méthodes de mesure du verdissement, c'est-à-dire du pouvoir de synthèse de la chlorophylle.

Première méthode. — Des feuille isolées de *Triticum vulgare* provenant de

---

([1]) P. Gavaudan et G. Brebion, *Mémorial des Services Chimiques de l'État*, **32**, 1946, p. 410-417.

([2]) G. Brebion, *Gallica Biologica Acta*, **1**, 1948, p. 24-31.

([3]) G. Brebion et P. Gavaudan, *Gallica Biologica Acta*, **1**, 1948, p. 124-130.

germinations développées à l'obscurité à 20°, pendant des temps variant de 12 à 16 jours, étaient imprégnées sous vide par les solutions actives et placées dans des tubes clos contenant une petite quantité des mêmes solutions; les tubes étaient ensuite immergés dans un thermostat spécial et éclairés sous une intensité constante (flux reçu 50 000 lumens).

Deuxième méthode. — Des germinations entières étiolées étaient exposées dans des récipients spéciaux à l'action des vapeurs de certaines substances à une activité thermodynamique connue et constante, grâce à des solutions huileuses (huile de ricin) de concentration convenable disposées dans un godet. L'activité était connue grâce à la courbe expérimentale des tensions de vapeur en fonction de la concentration pondérale.

Nous avons d'abord essayé l'action de trois narcotiques inhibant la synthèse de la chlorophylle : l'éther, l'acétone, le benzène, aux activités thermodynamiques suivantes :

éther $a = 0{,}35$; acétone $a = 0{,}2$; benzène $a = 0{,}2$.

Ces mêmes substances diminuent d'environ 1/3 la durée du temps de verdissement, c'est-à-dire 10 heures au lieu de 16 heures pour le blé étiolé pendant 16 jours

éther $a = 0{,}003$; acétone $a = 0{,}05$ à $0{,}025$; benzène $a = 0{,}0075$.

Le quotient activité inhibitrice/activité excitante est d'environ 100 pour l'éther, 10 pour l'acétone et 25 pour le benzène.

Le phénol qui inhibe la formation de la chlorophylle à une activité de 0,06, l'excite à une activité extrêmement faible de 10^{-7} (concentration pondérale $0^{g},00001$ ‰). Nous avons également observé une action excitante avec le sulfate de manganèse à $0^{g},005$ ‰, le chlorhydrate de cystéine à $0^{g},2$ ‰ et le para-amino-benzène sulfamide à $0^{g},12$ ‰. Mais, contrairement aux autres substances, l'action de ce composé n'est nette que sur blé étiolé pendant 18 jours.

Nous voyons donc que des substances extrêmement différentes provoquent l'accélération de la synthèse de la chlorophylle. Les substances très liposolubles n'agissent évidemment plus dans la marge des narcotiques indifférents (de 0,01 à 1), et il n'est pas possible pour le moment de faire d'hypothèses sur leur mécanisme d'action. Les différents narcotiques utilisés montrent des particularités qui indiquent des actions plus ou moins spécifiques.

Les autres substances étudiées comparées entre elles, ou aux narcotiques indifférents, sont de nature très différente, puisqu'il s'agit d'un phénol, d'un amino-acide, d'une sulfamide et d'un sel minéral. Toutefois, dans tous les cas, le résultat est le même, c'est-à-dire l'augmentation de vitesse de la synthèse des pigments chlorophylliens. Il est très probable que les mécanismes ne peuvent être les mêmes pour le benzène, la cystéine et le sulfate de

manganèse et que la synthèse de la chlorophylle dépend probablement d'un assez grand nombre de réactions qui peuvent être atteintes de différentes façons. C'est d'ailleurs la même conclusion qui se dégage de l'étude des inhibitions ([4]) et ([5]). Nous pensons que l'étude des synergies ou antagonismes éventuels et des coefficients de température dans l'action des substances excitantes donnera quelque lumière sur ces mécanismes.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution de la structure nucléaire au cours de la spermiogenèse chez* Marchantia polymorpha *L.* Note de M. **Yves Sinoir**, présentée par M. Raoul Combes.

Grâce à la réaction de Feulgen, il a été possible de mettre en évidence les modifications de la structure intime du noyau lors de la transformation de la spermatide en anthérozoïde.

De nombreuses recherches cytologiques ont déjà été consacrées à la spermatogenèse chez *Marchantia polymorpha* L. En particulier, l'étude du noyau et de sa division dans le tissu spermatogène et de son évolution au cours de la transformation de la spermatide en spermatozoïde ont retenu l'attention des auteurs. Mais cette étude a donné lieu à des interprétations discutables dont la coloration à l'hématoxyline nous semble en partie responsable. Nous avons nous-même utilisé cette technique de coloration et constaté que, sur ce matériel très petit, l'hématoxyline faisait apparaître des structures aberrantes que les auteurs ont souvent décrites comme des figures authentiques.

Sur des coupes de matériel, préalablement fixé et inclus, nous avons appliqué la réaction de Feulgen, parfois suivie de coloration au vert-lumière. Nous décrirons seulement ici les stades que nous avons observés au cours de la transformation de la spermatide en spermatozoïde.

Aussitôt après la dernière télophase, dans les deux spermatides voisines, issues de la même cellule-mère, le noyau s'aplatit légèrement contre la paroi mitoyenne. A ce stade, il renferme 10 à 15 petits chromocentres vivement colorés, de taille variable, entre lesquels on peut parfois mettre en évidence des filaments très ténus et achromatiques. La structure semble donc très voisine de celle que l'on peut observer dans le noyau interphasique de l'anthéridie plus jeune. Cependant, le nucléole, déjà très réduit au cours des dernières divisions, semble avoir ici complètement disparu. Nous ne pouvons toutefois l'affirmer catégoriquement à propos d'un matériel aussi petit.

([4]) P. Gavaudan, *Colloque International de la Narcose du C. N. R. S.* Paris, 1950 (à l'impression).

([5]) P. Gavaudan et G. Brebion, *Congrès International de Botanique de Stockholm*, 1950 (à l'impression).

[L'absence de nucléole, dans la spermatide des Cryptogames, paraît être un phénomène très général puisque, signalée pour la première fois par Guignard (1) chez l'Hépatique *Pellia epiphylla*, remarquée depuis par de nombreux auteurs, elle vient encore d'être signalée par Mlle Delay (2) chez *Chara vulgaris*.]

Bientôt la structure change; on observe, rattachés aux chromocentres, des filaments très nets qui se colorent en rose. Le noyau a repris alors sa forme sphérique et son diamètre n'excède pas $2^{\mu},5$. Plus tard, les chromocentres n'apparaissent plus que comme des bandes plus colorées dans les filaments rose pâle, d'épaisseur partout égale. Le diamètre nucléaire augmente ensuite et les zones hétéropycnotiques s'estompent peu à peu dans des filaments devenus hologènes et peu colorés. Puis le noyau devient fusiforme, atteignant une longueur de $4^{\mu},5$ tout au plus. La déchromatinisation est alors à son maximum, ce qui n'empêche pas cependant de discerner nettement des filaments assez épais et devenus presque achromatiques, torsadés et en position périphérique.

Le noyau s'incurve et prend la forme d'un croissant. Les filaments de plus en plus étroitement intrinqués redeviennent fortement chromatiques. Le croissant s'allonge et s'amincit, décrivant un cercle presque complet, mais sa structure s'estompe progressivement. A la fin de cette évolution, le noyau a pris la forme d'un filament en anneau, presque fermé, apparemment homogène et très chromatique, dont les deux extrémités se rejoignent, l'une étant très effilée et l'autre beaucoup plus obtuse et épaisse.

Lorsque l'anthérozoïde est libéré, le noyau se déroule en une spirale lâche, ou parfois même se détend presque entièrement. Il a alors atteint la taille de 10^{μ} et terminé son évolution.

Les variations de structure et de chromaticité que subit le noyau au cours des transformations décrites ici, peuvent faire l'objet d'un essai d'interprétation satisfaisante à la lumière des conceptions actuelles relatives à l'organisation nucléaire et à la structure des chromosomes.

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Les relations entre le nucléole et les chromosomes au cours du ralentissement de la prophase provoqué expérimentalement par quelques agents chimiques.* Note de Mlle **Pierrette Lamardelle**, transmise par M. Robert Courrier.

Le ralentissement expérimental de la prophase par le bichlorure de mercure et le benzène permet de préciser au cours du stade préprophasique, l'existence d'adhérences importantes, entre nucléoles et chromosomes.

Nous avons tenté d'étudier d'un point de vue expérimental l'évolution des

(1) *Rev. gén. Bot.*. 1, 1889, p. 11-27, 63-78, 136-145, 175-191.
(2) *Rev. Cytol. et Biol. vég.*, 2, 1949. p. 315-332.

corpuscules de nature thymonucléique, adhérents sur les nucléoles des végétaux, en ralentissant les phénomènes préprophasiques par le bichlorure de mercure et le benzène, substances que l'on doit considérer comme appartenant respectivement aux classes des toxiques *chimique* et *physique*, d'après la classification de Ferguson ([1]) et ([2]). Les expériences ont été faites sur les méristèmes radiculaires de *Triticum vulgare*. Les grains de blé, après gonflement préalable de 24 heures, ont subi un commencement de germination d'une durée égale, en boîte de Pétri. Des témoins ont été fixés à ce moment, et les traitements ont été pratiqués de la façon suivante sur ce même matériel :

1° *Bichlorure de mercure :* les grains étaient immergés dans deux solutions à 0g,05 et à 0g,02 pour 1000, à 18°; les bains étaient renouvelés journellement; fixations après 4 et 8 jours.

2° *Benzène :* les grains étaient disposés dans des récipients spéciaux, hermétiquement clos, où ils étaient soumis à l'action des vapeurs de benzène, à une activité thermodynamique de 0,05, maintenue au moyen d'une solution huileuse d'hydrocarbure à concentration convenable ; fixation après 4 jours. Dans les conditions indiquées, bichlorure de mercure et benzène se comportent comme toxiques chimique et physique. Ils peuvent aussi provoquer des phénomènes cinétoclasiques qui sont bien connus : [H. Poussel ([3]), P. Gavaudan ([2])]. Les résultats de l'action des deux agents ont été comparables, bien que plus nets avec le bichlorure de mercure, qui, dans ces conditions, inhibait la prophase plus électivement que le benzène. Les témoins de 48 heures, contemporains de la mise en route des expériences, ont montré, d'une part, des noyaux au repos avec un *reticulum* chromatique toujours *largement éloigné du nucléole* aux contours réguliers, d'autre part, de nombreuses cinèses (25 %) accompagnées de rares noyaux préprophasiques; ce stade doit avoir une durée courte; il est caractérisé par un réseau chromatique homogène, *non rétracté, ne formant pas d'auréole autour du nucléole* porteur d'adhérences (Feulgen positives).

Sous l'influence du bichlorure de mercure, la proportion de ce type de noyaux à adhérences nucléolaires et sans auréole périnucléolaire augmente (30 % après 8 jours). On observe peu de cinèses, surtout avec le bichlorure de mercure (figures anormales à chromosomes contractés). L'augmentation des stades préprophasiques correspond à la rareté des stades cinétiques actifs. De plus, nous avons observé que la netteté et le volume des adhérences nucléolaires étaient considérablement augmentés, et qu'il se produisait souvent une véritable agglutination massive de filaments trapus autour des nucléoles. Ces adhérences sont très intimes à ce moment avec la surface du nucléole, comme le prouve l'observation des coupes de nucléoles entourés d'une coque Feulgen positive, et celle des nucléoles d'aspect échinulé ou chevelu, arrachés acciden-

---

([1]) *Proc. Roy. Soc.*, B **127**, 1939, p. 387-404.

([2]) P. Gavaudan, *Thèse de Pharmacie*, Doctorat d'État, Paris, 1945.

([3]) *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Poitiers, 1950.

tellement avec leur gangue de matériel chromosomique. Ces derniers aspects contrastent avec ceux présentés par le contour libre et lisse des nucléoles arrachés de noyaux à auréole périnucléolaire. Parfois certains des filaments adhérents semblaient plus ou moins collés ensemble. D'autre part, les masses chromatiques adhérentes au nucléole paraissaient plus importantes après l'hématoxyline qu'après le Feulgen, et l'aspect évoquait un enrichissement en hétérochromatine.

A notre avis le ralentissement de la prophase sous l'influence des toxiques accuse l'existence d'un phénomène physiologique normal. Van Camp (4) avait autrefois attiré l'attention sur les contacts dits *gléonématiques* entre chromosomes et nucléoles à la prophase. Mottram (5), Brachet (6), Vanderlyn (7) ont également insisté sur l'existence de contacts étroits de nature analogue. Comme le pensait déjà Van Camp, nous estimons que, même si l'auréole périnucléolaire est un artefact, sa production ou son absence traduisent l'existence de différences importantes dans l'équilibre physicochimique des constituants nucléaires à certains stades. Il paraît incontestable que la préprophase comporte dans certains cas une évolution dans les rapports des chromatines chromosomique et nucléolaire. Les adhérences, d'abord inexistantes ou faibles, deviennent rapidement très nettes et solides, bien que temporaires, puisque les chromosomes se libèrent en définitive de leurs attaches. La signification de ces processus pourrait être recherchée dans l'observation d'éventuelles modifications d'ordre microchimique, parallèles aux faits morphologiques.

MORPHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La fleur du* Lilium candidum *L. et la théorie de la métamorphose foliaire : observations et recherches expérimentales.* Note de M. **Pierre Gavaudan** et Mlle **Germaine Debraux**, transmise par M. Robert Courrier.

L'examen des particularités des pièces foliaires et florales du *Lilium candidum* et l'étude de leurs possibilités réactionnelles en culture prouvent la continuité des influences morphogènes dans le système foliaire et dans la fleur.

A la théorie de la métamorphose de Goethe, qui relie la genèse des pièces florales à une perturbation de la morphogénèse des feuilles, s'opposent les

(4) *La Cellule*, **34**, 1924, p. 5-49.
(5) *Jonrn. Roy. Micr. Soc.*, **52**, 1932, p. 362-369.
(6) *Act. Sc. et ind.*, **698**, 1938, p. 12.
(7) *Bot. Rev.*, **14**, 1948, p. 270-318.

théories modernes développées par Thompson [1], Grégoire [2], Plantefol [3]. Ces théories ont été récemment discutées par Plantefol [3], Belin-Milleron [4] et Emberger [5]. Nous étudions ici le cas de la fleur du *Lilium candidum* L. qui apporte un certain nombre d'éléments utiles à cette controverse.

Considérons le type foliaire fondamental du Lis, constitué par un ensemble base, pseudo-pétiole, lame, représenté par les premières feuilles sortant du bulbe. Ce type foliaire se modifie le long de la hampe florifère par une réduction qui transforme la lame devenue sessile en une bractée qui acquiert une pilosité apicale caractéristique.

Nous avons précédemment montré [6] que toutes les pièces florales isolées en milieu aseptique pouvaient donner des néoformations. Une survie portée à plusieurs mois nous a permis d'observer des néoformations de deux types à la base des tépales et des étamines (jusqu'à présent les ovaires, comme les bractées et les feuilles, n'ont fourni que des néoformations du second type).

Type I : pièces non chlorophylliennes, d'aspect et de structure tépaloïdes, à pilosité apicale caractéristique (*identique à celle des bractées, des tépales et du stigmate*), toujours sessiles, à croissance faible (quelques millimètres), constituant de véritables fleurs minuscules et imparfaites.

Type II : pièces chlorophylliennes, d'apparence foliaire, toujours glabres, à pseudo-pétiole s'allongeant rapidement de façon importante (plusieurs centimètres).

On trouve donc réunies, au niveau du plateau floral, les diverses possibilités morphologiques du système foliaire du Lis qui s'expriment ici simultanément par l'isolement des pièces en culture (rupture des corrélations hormonales et autres facteurs). Ce sont également des perturbations d'ordre hormonal et nutritionnel qui, chez les Liliacées, dans la nature, conduisent à la production de fleurs à l'aisselle des bractées, à la transformation de ces pièces en tépales, à la formation de bulbilles d'inflorescence considérées par Worsdell [7] comme des fleurs imparfaites; on sait également que les feuilles de *Torenia asiatica* (Scrofulariacées) peuvent donner des fleurs épiphylles par isolement. Ces phénomènes évoquent ceux que nous avons signalés plus haut.

Les néoformations du premier type sont homologues des bractées et des tépales, feuilles à croissance basale réduite. L'architecture de l'étamine est

---

(1) *Proc. Linn. Soc. London*, Session 156, 1944, p. 46.

(2) *La Cellule*, 47, 1938, p. 285.

(3) *Fondements d'une théorie florale nouvelle. L'ontogénie de la fleur*, Paris, 1949, p. 35-186.

(4) *Les théories de la fleur et la méthodologie.* (*Thèse*, Université, Poitiers, 1948).

(5) *Coll. intern. C. N. R. S. sur la Morphogénèse*, Strasbourg, 1949; *L'Année biologique*, 3e série, 26, 1950, p. 279-295.

(6) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 69-70.

(7) *Principles of plant teratology*, London, 1915, p. 1.

homologue de celle d'une feuille du type fondamental dont le pseudo-pétiole correspondrait au filet et dont la lame porterait les microsporanges; la croissance végétative secondaire au développement des tissus sexuels est basale. De plus, les étamines des deux verticilles épisépale et épipétale diffèrent par la section de leurs filets respectivement analogue à celle des bases des tépales internes et externes. Ceci traduit la continuité du rythme morphogène complexe englobant périanthe et androcée. D'ailleurs Plantefol (*loc. cit.*, p. 160) a admis la possibilité d'une continuation des hélices foliaires dans l'androcée. La feuille carpellaire provient d'une modification inverse de la feuille du type fondamental dont la base porterait des ovules et dont la partie supérieure engendrerait le style et le stigmate; la croissance végétative secondaire au développement des tissus sexuels est apicale.

L'évolution des pièces florales du Lis est donc soumise aux influences qui dirigent les métamorphoses végétatives se produisant depuis les premières feuilles selon un ordre déterminé. Ces métamorphoses ne font que s'accuser davantage dans la fleur, avec une concentration des pièces dans l'espace, une modification de l'orientation et de l'intensité des gradients de croissance.

L'exemple du *Lilium candidum* L. montre qu'il n'y a pas un système foliaire et un système floral, mais un système de phyllomes (ou de ramifications foliarisées) dont la différenciation est continue et soumise de façon inséparable au jeu des corrélations des hormones somatiques et sexuelles. Cette fleur paraît n'être que l'aboutissement d'une crise plus importante dans un conflit hormonal englobant l'ensemble du développement. Nous verrons ultérieurement que les mêmes conclusions s'appliquent aux dicotylédones.

GÉNÉTIQUE. — *Sur la méiose de quelques* Iris Pogoevansia, Pogocyclus *et* Pogoregelia. II. *Hybrides réalisés à partir de l'*I. Pallida. Note de M. **Marc Simonet**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'*I. pallida*, $n=12$ (section *Pogoniris*) s'unit à des espèces *Evansia* (*I. tectorum*, $n=14$) et *Oncocyclus* (*I. iberica*, $n=10$) et de tels hybrides *Pogoevansia* : $\times$ *Paltec* (Denis) à $2n=26$ et *Pogocyclus* [1] : $\times$ *Ibpall* (Foster) à $2n=22$ ont une conjugaison chromosomique très faible (0-3 bivalents).

Étudiés sur un matériel plus abondant, les I. $\times$ *Paltec* et $\times$ *Ibpall* montrent bien le comportement méiotique décrit antérieurement, mais nous précisons que la conjonction est plus faible chez le premier avec 0-2 bivalents et une asyndèse présente dans les 2/3 des cellules examinées (une centaine) alors que chez le second on trouve 0-4 bivalents et une asyndèse dans 1/3 seulement des cellules. Quelques rares trivalents ont été observés, soit respectivement, en

(1) *Bull. Biol. Fr. et Belg.*, 66, 1932, p. 255-444.

moyenne, par cellule : 25,1 et 19,9 univalents, 0,4 et 0,9 bivalents, 0,05 et 0,08 trivalents c'est-à-dire 0,9 et 2,0 éléments conjugués pour 0,4 et 0,9 configurations chromosomiques.

Entre espèces diploïdes *Regelia* ($n = 11$) : *I. Korolkowi violacea* et *Pogoniris* grands ($n = 12$) : *pallida* et *neglecta* (var. *Archevêque*), il existe 2 hybrides *Pogoregelia* : *I.* × *Korpall* et × *Korvêque* à $2n = 23$ ([2]) qui ont un processus méiotique semblable à celui de l'*I.* × *Ibpall.* Dans quelques cellules de l'*I.* × *Korpall* on observe 0-4 bivalents, mais cette étude précisée chez l'*I.* × *Korvêque,* parce que plus florifère, indique aussi une asyndèse dans 1/3 des cellules; c'est-à-dire 21,0 univalents, 0,9 bivalents et 0,05 trivalents, soit 1,9 éléments conjugués pour 0,9 configurations chromosomiques.

En opposition à ces *Pogoregelia* diploïdes, on connaît ([3]) des *Pogoregelia* tétraploïdes, issus d'espèces autotétraploïdes *Regelia* : *Leichtlini* et *stolonifera,* $n = 22$ (11×2) et *Pogoniris* grands : *macrantha,* $n = 24$ (12×2). Ces hybrides à $2n = 46$, *Leichmac* et *Stolomac,* fertiles, ont une méiose normale, autosyndétique, à $n = 23$ ($11 + 12$) dont les gamètes ont un stock de chromosomes de chaque parent, soit deux garnitures différentes.

De ces types autosyndétiques (véritables amphidiploïdes), nous avons obtenu deux hybrides trispécifiques : *pallida* × *Leichmac* (*Leichtlini* × *macrantha*) normal à $2n = 35$ [$12 + (11 + 12)$] et *pallida* × *Stolomac* (*stolonifera* × *macrantha*) aberrant à $2n = 47$ en raison d'une contribution ♀ non pas haploïde mais diploïde par suite d'une duplicature chromosomique [$12 \times 2 + (11 + 12)$]. On trouve en quelque sorte cette équivalence dans un autre hybride, en réalité un recroisement : *macrantha* × *Stolomac* à $2n = 47$ ([4]) chez lequel ce sont les gamètes du géniteur ♀ qui sont eux-mêmes diploïdes [$24 + (11 + 12)$]. A la méiose de ces hybrides complexes on trouve, en moyenne, par cellule, pour le premier 11,1 univalents, 9,5 bivalents, 1,4 trivalents, 0,1 tétravalents et 0,6 pentavalents, soit 23,9 éléments conjugués pour 10,5 configurations chromosomiques, et pour les deux derniers respectivement 18,3 et 17,2 univalents, 10,2 et 9,3 bivalents, 2,7 et 3,6 trivalents et 0,06 tétravalents soit 28,5 et 29,6 éléments conjugués pour 12,9 configurations.

Les examens méiotiques de ces divers hybrides permettent de constater que chez les *I. tectorum, Korolkowi violacea, iberica* et *pallida* de sections botaniques différentes (*Evansia, Regelia, Oncocyclus* et *Pogoniris*) ont un comportement asyndétique partiel ou total, signifiant que les stocks chromosomiques de ces quatre espèces sont dissemblables, n'offrent entre eux aucune affinité, et que chacun d'eux est composé de chromosomes également sans homologie. De plus, c'est grâce en partie à cette asyndèse que se réalise

---

([2]) *Comptes rendus,* **195**, 1932, p. 901.
([3]) *Ann. Sci. Nat.,* **16**, 1934, p. 229.
([4]) *Proceed.* VIII[e] *Intern. Congress Genetics,* 1949, Lund, p. 662.

l'autosyndèse des *Pogoregelia* tétraploïdes, laquelle demande que non seulement l'apport de chaque parent soit diploïde (et composé de stocks homologues pour s'unir *inter se*), mais qu'aussi entre chaque géniteur (*Regelia* et *Pogoniris*) les stocks soient précisément dissemblables pour éviter l'allosyndèse.

D'autre part, chez l'*I. pallida* × *Leichmac*, *pallida* × *Stolomac* et *macrantha* × *Stolomac* les contributions parentales sont complètes; l'une d'elles *Regelia* (♂) est haploïde et à la méiose, comme chez les *Pogoregelia* diploïdes, les chromosomes, sans partenaires homologues, restent univalents (quelques-uns d'entre eux étant reconnaissables à leur forme particulière), les autres *Pogoniris* s'unissent étant à l'état diploïde chez le premier (1 ♀ et 1 ♂) et triploïde chez les deux autres (2 ♀ et 1 ♂). Or, cette union est superposable à celle observée chez les hybrides *Pogoniris* grands diploïdes s'il y a deux stocks en présence (*pallida* × *variegata* et *imbricata* × *pallida* à $2n = 24$) triploïdes s'il y en a trois (*pallida* × *macrantha* et *macrantha* × *imbricata* à $2n = 36$), c'est-à-dire respectivement : 21,2, 23,1 et 28,3, 27,0 éléments conjugués pour 9,8-10,8 et 12,7-12,1 configurations.

Enfin, il ressort encore de ces examens que la garniture haploïde de l'*I. pallida* trouve sensiblement un nombre égal d'éléments homologues chez celles de l'*I. macrantha* puisque chez l'*I. pallida* × *Leichmac* il y a précisément 12 chromosomes *pallida* et *macrantha* en compétition et qu'à la méiose de l'hybride une dizaine de configurations de source *Pogoniris* est notée. Il s'ensuit que si l'*I. macrantha* est bien autotétraploïde, en tout cas il se comporte comme tel, cette autotétraploïdie paraît correspondre à un doublement chromosomique, déjà ancien, d'un *Pogoniris* grand diploïde, espèce ou hybride dont l'origine est à rechercher.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition chimique des fruits de* Clerodendron trichotomum *Thunb. et* Callicarpa japonica *Thunb.* (*Verbénacées*). Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le *Clerodendron trichotomum* est un arbuste originaire du Japon, remarquable par ses fruits d'un bleu intense portés par un calice rouge vif. Je me suis proposé d'effectuer un examen glucidique de ses différents organes et surtout d'étudier ses fruits qui s'étaient révélés riches en constituants lipidiques.

La méthode biochimique de Bourquelot à l'invertine et à l'émulsine a été appliquée aux rameaux, feuilles, calices rouges et fruits mûrs. Dans les quatre cas, elle a montré la présence de saccharose par son indice de réduction (sucre réducteur formé pour 100^g frais : 0,58 pour les calices, 0,96 pour les fruits). L'émulsine a mis partout en évidence une petite quantité d'hétérosides hydrolysables (sucre réducteur formé : 0,19 pour les calices, 0,20 pour les fruits).

Par épuisement des poudres sèches par l'acétone, le saccharose a été isolé à l'état pur des écorces et des feuilles (identifié par son point de fusion et son hydrolyse sucrasique); aucun itol n'a cristallisé. L'acide cyanhydrique signalé par Juliano et Guerrero (1935) dans les feuilles de *Clerodendron intermedium* Cham. n'a pas été rencontré dans le *C. trichotomum* ni dans sa variété *Fargesii* Rehd. (*C. Fargesii* Dode).

Les fruits mûrs, tombants, récoltés à la fin d'octobre, sont des drupes de 6-8^{mm}, contenant en général une graine (parfois 2, plus rarement 3 ou 4). Le péricarpe comprend l'enveloppe externe bleue et la pulpe blanchâtre surtout localisée contre la face concave de la graine; celle-ci porte sur le côté une fente nourricière; sa face convexe est sculptée. Chaque fruit pèse en moyenne 0^g,14; chaque graine de 0^g,04 contient une amande de 0^g,016. Le pigment bleu des fruits est soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther et le chloroforme; par action des acides, la teinte bleue pâlit mais se rassemble dans l'éther; elle vire au vert en milieu alcalin. Le péricarpe renferme une essence d'odeur spéciale.

—Pour l'étude des lipides, le péricarpe, le noyau ligneux et l'amande ont été examinés séparément : 100^g de fruits frais ont fourni 16^g,5 de péricarpe sec, 21^g de bois, 12^g,8 d'amandes sèches. Chaque matériel a été épuisé par l'éther à froid, à trois reprises pendant 45 minutes, avec agitation continuelle (méthode conseillée par M. A. Sosa). Les huiles obtenues ont été privées des dernières traces de solvant par chauffage à 80° dans le vide.

1° *Huile du péricarpe*. — Rendement 38 à 40 %. Fluide, jaune, décolorable à la lumière. Au-dessous de 20°, elle ne tarde pas à présenter un abondant dépôt cristallisé d'acides gras. Constantes obtenues : densité d_{15}^{15} 0,9034; indice de réfraction n_D^{15} 1,4607 (Féry); indice d'iode 75 (Hübl); indice acide 137 (parfois plus); indice de saponification 205. La richesse en acides gras libres explique la faible densité et le faible indice de réfraction. Après saponification, il reste 1,98 % d'insaponifiable incolore, mou, sur lequel la réaction de Liebermann a été à peine positive; les acides gras, solides à la température ordinaire, ont pour indice d'iode 78, poids moléculaire moyen 264. L'huile étalée dans un cristallisoir à 18-20° pendant un an n'a pas changé sensiblement de fluidité ni de poids : elle n'est donc pas siccative.

Le bois des noyaux a fourni 1,9 % d'huile acide comparable à la précédente et provenant des particules de péricarpe restées adhérentes aux noyaux.

2° *Huile de l'amande*. — Rendement 57 %. Fluide, jaunâtre, inodore, ne laisse aucun dépôt après séjour prolongé en lieu frais. Constantes obtenues : d_{15}^{15} 0,9246; n_D^{15} 1,4724; indice d'iode 108, indice acide 2; indice de saponification 184. Il s'agit donc d'une huile neutre. Après saponification, il reste 1,05 % d'insaponifiable mou donnant faiblement la réaction de Liebermann; les acides gras sont liquides à la température ordinaire (indice d'iode 113, poids moléculaire moyen 269). L'huile étalée dans un cristallisoir

à 18-20° devient pâteuse après quelques mois (augmentation de poids 4 % après 9 mois) : elle a donc des propriétés siccatives assez nettes.

Les fruits de *C. Fargesii* ont donné des huiles tout à fait semblables. Kafuku et Hata [1] ont indiqué pour l'huile des graines de *C. cyrtophyllum* Turcz. des constantes intermédiaires entre celles des deux huiles précédentes (indice acide 90); peut-être ont-ils opéré sur les graines entourées de leur péricarpe?

Le *Callicarpa japonica* est une Verbénacée voisine, remarquable par ses petits fruits violets de 3^{mm}, en novembre (poids moyen 0^{g},025). Leur pigment soluble dans l'eau est rouge en milieu acide, jaune brun en milieu alcalin. A l'état sec, ils ont fourni 6,5 % d'extrait éthéré, jaune verdâtre, mou, de nature lipidique (réaction de Liebermann négative, indice acide 19,5). Ils sont donc beaucoup plus pauvres en lipides que les fruits de *Clerodendron* pour lesquels l'extrait éthéré total atteint 27 %. Par contre, ils sont plus riches en glucides : leur sucre réducteur initial est 3,96 % frais, soit 14,64 % sec; l'invertine et l'émulsine ont été sans action. Pour les fruits de *Clerodendron*, le sucre réducteur total, après action de ces deux diastases n'est que 1,47 % frais, soit 2,98 % sec. En outre, les fruits de *Callicarpa* ont fourni de la pectine, caractérisée par coagulation avec le sous-acétate de plomb et avec la pectase du jus de carottes.

En résumé, les fruits de *Clerodendron trichotomum* et *C. Fargesii* contiennent deux huiles différentes : celle du péricarpe, très acide et non siccative, celle de l'amande, neutre et demi-siccative. Les fruits de *Callicarpa japonica*, pauvres en lipides, sont riches en sucre réducteur et renferment de la pectine.

CYTOCHIMIE. — *Détection cytochimique de la nicotine par lecture de la réaction picrique au microscope polarisant.* Note (*) de MM. **Jean Cuzin**, **Alexandre Fardy**, **Michel Codounis** et **Daniel Schwartz**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nos recherches sur la nicotinogénèse nous ont fait sentir d'emblée la nécessité de disposer d'une bonne technique de détection de la nicotine dans les tissus du Tabac aux stades successifs de son développement. Les techniques cytochimiques jusqu'ici utilisées semblent toutes fondées sur l'utilisation du réactif iodo-ioduré de Bouchardat; or les résultats obtenus par cette méthode manquent de *spécificité et de netteté topographique* : en effet nombre de substances présentes dans la cellule sont susceptibles de fournir *in situ*, avec ce réactif, des précipités indiscernables des produits de réaction avec la nicotine (tannoïdes, protides); d'autre part, la lecture de la réaction est pratiquement

(1) *Chemical Abstracts*, 30, 1936, p. 7370[4].

(*) Séance du 6 décembre 1950.

impossible sur les tissus embryonnaires. Le traitement préalable des préparations par l'alcool tartrique (*Errera*) n'obvie qu'au défaut de spécificité.

Nous avons recherché l'adaptation du réactif picrique aux exigences de la cytochimie. Sa spécificité est supérieure à celle du réactif iodé; sa pénétration dans les tissus embryonnaires est satisfaisante; sa propriété de fournir des précipités cristallins anisotropes permet d'utiliser à la lecture de la réaction les propriétés du microscope polarisant : la sensibilité est alors augmentée ainsi que la spécificité, les précipités amorphes parasites n'apparaissant pas à la lecture entre nicols croisés.

Technique. — Les fragments d'organes frais sont lavés à l'eau, puis plongés dans la solution aqueuse d'acide picrique saturée, à la température du laboratoire. On les y abandonne, selon les tissus, de vingt minutes à deux heures, jusqu'à pénétration et fixation picrique du tissu. On monte dans l'eau et on lute à la paraffine. On examine sans analyseur, puis avec analyseur à l'extinction. Les cristaux de dipicrate apparaissent lumineux en jaune avec des liserés de couleurs du premier ordre, selon l'épaisseur du cristal considéré.

Ces cristaux se présentent sous trois formes : *a. poussière microcristalline* dans le cytoplasme ou le vacuome; *b. cristaux aciculaires* isolés dans les zones méristématiques et les parenchymes (parfois à l'extérieur du tissu après diffusion de l'alcaloïde); *c. macles* parfois volumineuses, surtout dans les parenchymes foliaires.

Spécificité de la réaction. — En dehors de toute origine liée à la nicotine et de toute réaction avec l'acide picrique, certaines *formations normales* de la cellule rétablissent la lumière entre nicols croisés : grains d'amidon, formations cristalloïdes des grains d'aleurone, parois cellulaires, tissus vasculaires ou fibreux; mais chacun de ces constituants comporte ses propres critères de définition, qui les rendent difficiles à confondre avec les cristaux de dipicrate (pour les *grains d'amidon et d'aleurone* : caractères morphologiques propres, croix-noire; pour les *formations de parois* : morphologie et plan d'extinction parallèle au plan de l'élément de paroi considéré; pour *les fibres* et les *vaisseaux spiralés*, extinction générale parallèle à l'allongement).

Il est apparu aussi que des *cristaux d'acide picrique*, morphologiquement voisins de ceux du dipicrate, pouvaient apparaître dans les tissus lors du traitement par la solution picrique saturée, au hasard des affinités pour l'eau des constituants du cytoplasme; en effet, une déshydratation locale du réactif entraîne localement une précipitation de l'acide picrique en excédent de la limite de solubilité. Ces cristallisations parasites ont cessé de se produire lorsque nous avons adopté comme médium de montage *l'eau pure* au lieu du réactif lui-même.

Parmi *les formations actives en lumière polarisée* lisibles dans le champ du microscope, celles qui sont *spécifiques de la réaction picrique* peuvent donc être valablement identifiées; il reste à savoir si cette réaction picrique elle-même

est *spécifique de la nicotine*. Nous avons renoncé à établir l'identité des cristaux par la mesure de leurs constantes cristallographiques. Mise à part la difficulté technique de la mesure de ces paramètres sur microcristaux en milieux aqueux, nous faisons observer que la cristallisation picrique a lieu en milieu complexe, au départ d'une combinaison mal identifiée de la nicotine, et que rien ne permet d'affirmer que les formes et paramètres classiques du dipicrate pur *in vitro* conservent leur valeur d'identification. Nous avons confirmé la spécificité de la réaction par le biais biologique offert par les combinaisons expérimentales suivantes :

	Réaction picrique.
Plantule non nicotinigène (*Petunia grandiflora, Antirrhinum majus*).	o
Plantule nicotinigène (*N. tabacum, N. rustica*)....................	+
Plantule non nicotinigène (*Petunia, Antirrhinum*), secondairement imprégnée de nicotine par la voie radiculaire....................	+
Plantule nicotinigène (*N. tabacum, N. rustica*), après élimination de la nicotine par l'alcool tartrique..................................	o

La spécificité de la réaction picrique en tant que détection cytochimique des alcaloïdes totaux du Tabac, c'est-à-dire, pratiquement, de la nicotine, est établie.

Sensibilité de la réaction. — *In vitro*, le réactif picrique ne donne de réaction macroscopiquement lisible qu'à partir de concentrations de 10^{-2} à 10^{-3}, c'est-à-dire relativement élevées. Dans les conditions de la détection cytochimique, la sensibilité est suffisante pour déceler la nicotine aux premiers stades du développement, c'est-à-dire avec une sensibilité supérieure à celle du réactif iodo-ioduré. Ceci s'explique par le fait que les concentrations locales de l'alcaloïde, qui seules entrent en ligne de compte en technique cytochimique, peuvent être assez élevées. Nous utilisons cette réaction dans nos recherches sur la nicotinogénèse avec des résultats très cohérents.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Influence des acides borique et phénylborique sur la germination et le développement des plantules de quelques Dicotylédones*. Note de M. **Fernand Caujolle** et Mlle **Georgette Bergal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Ayant déjà mis en évidence les notables différences d'action du bore minéral (anion borique) et du bore organique (anion phénylborique) sur la germination des graines [1] et le développement des jeunes plantules [2] de quelques Apétales, nous avons étendu nos recherches à d'autres Dicotylédones : deux Crucifères : *Eruca sativa* et *Sinapis alba*, deux Légumineuses : *Trifolium incar-*

---

(1) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1249.
(2) *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1516.

natum et *Medicago sativa*, une Ombellifère : *Daucus carota* et deux Composées : *Lactuca sativa* et *Cichorium Intybus*, suivant les techniques déjà décrites [1], [2].

1° ÉTUDE DES POURCENTAGES DE GERMINATION. — Pour toute concentration comprise entre 10^{-11} et 10^{-6} les acides borique et phénylborique sont sans influence sur la germination des espèces éprouvées.

L'acide borique est bien toléré jusqu'à la concentration 10^{-4}; une seule espèce est légèrement inhibée à la concentration 10^{-3} : *Medicago sativa* (inhibition : 26 %). Par contre, à la concentration 10^{-2}, la germination de toutes les espèces en expérience est complètement inhibée.

L'acide phénylborique devient inhibiteur dès la concentration de 10^{-3}. L'inhibition, peu marquée pour *Trifolium incarnatum* (29 %), est très accusée pour *Daucus carota* (89 %), *Eruca sativa* (91 %) et devient totale pour *Lactuca sativa* (100 %).

2. EFFETS SUR LE DÉVELOPPEMENT DES JEUNES PLANTULES. — *a. Sur la croissance des tiges.* — Pour toute concentration au plus égale à 10^{-5}, l'acide borique n'exerce aucun effet activant sur l'ensemble des espèces étudiées, sinon une légère stimulation d'*Eruca sativa* et de *Daucus carota*; l'acide borique faiblement inhibiteur dès la concentration 10^{-4}, devient fortement inhibiteur pour toute concentration égale ou supérieure à 10^{-3} (inhibition de la croissance de 70 à 95 %), à la seule exception de *Lactuca*, qui, à cette concentration, résiste encore très bien à l'agression de l'acide borique.

Indifférent pour toute concentration au plus égale à 10^{-6}, l'acide phénylborique devient inhibiteur pour toute concentration égale ou supérieure à 10^{-5}. Dès 10^{-4} la croissance des tiges est inhibée de 60 à 80 %, elle est pratiquement stoppée à la concentration de 10^{-3}.

b. Sur la croissance des racines. — L'acide borique est indifférent pour toute concentration inférieure ou égale à 10^{-5}, sauf pour les racines d'*Eruca sativa* et de *Sinapis alba* dont il active légèrement la croissance à des concentrations comprises entre 10^{-8} et 10^{-5}. Il est faiblement inhibiteur dès 10^{-4}, pour stopper d'une manière profonde (de 55 à 96 %) la croissance des racines à la concentration de 10^{-3}; par exception *Lactuca sativa* tolère remarquablement bien l'acide borique (croissance des racines inhibées de 25 % à la concentration de 10^{-3}).

Pour toutes les espèces étudiées l'acide phénylborique, indifférent ou très légèrement activant à la concentration de 10^{-7}, favorise notablement la croissance des racines aux concentrations de 10^{-6} et 10^{-5} : l'accroissement de la croissance en longueur de la racine varie de 30 à 90 %. Brusquement, dès la concentration de 10^{-4}, il devient fortement inhibiteur, pour stopper complètement le développement de la racine à la concentration de 10^{-3}.

Il est remarquable d'observer dans toutes les espèces étudiées que la dose d'activation maximum de la croissance en longueur des racines, correspond au seuil d'inhibition de la croissance en longueur des tiges; pour aucune

concentration activante ou inhibitrice nous n'avons observé d'épaississement de la tige ou de la racine.

Concentration en acide phénylborique.	Longueur moyenne en millimètres de la jeune racine de						
	Eruca sativa.	*Sinapis alba.*	*Trifolium incarnatum.*	*Medicago sativa.*	*Daucus carota.*	*Lactuca sativa.*	*Cichorium Intybus.*
0..........	30	47	33	28	28	18	20
10^{-11} à 10^{-7}..	34-35	46-53	33-33	28-29	28-32	18-19	19-20
10^{-6}........	50	80	38	39	30	22	22
10^{-5}........	53	76	43	38	52	30	27
10^{-4}........	13	19	17	14	8	8	12
10^{-3}........	0	0	0	1	0	0	0

Conclusions. — L'acide borique, à doses isobores, est nettement moins actif que l'acide phénylborique sur les germinations et le développement des plantules des espèces considérées.

L'activation de la croissance en longueur de la radicule sous l'influence de l'acide phénylborique est un phénomène d'ordre général, qui se retrouve constamment et dont seule l'intensité est variable : de 30 à 40 % pour les légumineuses à 180 % pour les Apétales étudiées ([2]); suivant les espèces, la zone de concentration optima pour cette activation se situe à 10^{-7}, 10^{-6} ou 10^{-5}.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le déterminisme de la formation des tumeurs ligneuses observées chez les chênes attaqués par* Agrilus biguttatus *Fab.* (*Coléopt.* Buprestidæ). Note de M. **Clément Jacquiot**, présentée par M. Raoul Combes.

Une Note précédente a décrit la structure de tumeurs ligneuses provoquées chez les chênes par l'attaque d'un insecte. Cet insecte a été identifié comme étant *Agrilus biguttatus* Fab. C'est l'action d'une substance excito-formatrice, n'ayant pas les propriétés d'une auxine et se trouvant dans les résidus de la digestion des tissus libériens ingérés par la larve, qui provoque les anomalies de structure constatées.

Dans une Note précédente ([1]) j'ai décrit des lésions observées chez certains chênes et caractérisées par la nécrose ou la différenciation des cellules de l'assise cambiale et la constitution d'une assise cambiale de remplacement à partir de cellules libériennes. Tous les chênes présentant ces tumeurs ligneuses étaient attaqués par un insecte forant des galeries dans le liber. Les caractères des galeries observées en forêt d'Amboise avaient permis à A. Balachowski d'identifier cet insecte comme étant *Agrilus biguttatus* Fab. Ultérieurement, l'étude des larves trouvées en forêt de Sénart par A. Kh. Iablokoff a permis de confirmer cette détermination.

([1]) *Comptes rendus*, **229**, 1949, p. 241-243.

Cet insecte pond en mai à la base des troncs et sa larve remonte en forant des galeries sinueuses dans le liber. En général, ces galeries n'affectent que les couches externes du liber, entamant même le rhytidome, mais en certains points, au contraire, elles viennent intéresser le cambium. Sur leur plus grande longueur les galeries anciennes sont progressivement englobées dans le rhytidome et les tissus vivants ne présentent aucune anomalie grave. Sur les sections où ces galeries atteignent le cambium, il se développe au contraire une tumeur ligneuse dont la structure a été précédemment décrite. Le mécanisme par lequel l'attaque de l'insecte entraîne cette réaction si particulière des tissus de l'arbre pouvait être attribuée soit au transport par cet insecte de germes d'agents pathogènes, soit à la sécrétion par les larves de substances toxiques à concentration élevée, mais excito-formatrices à faible concentration.

La première hypothèse a été abandonnée après que les nombreux isolements pratiqués par H. Darpoux et par moi-même n'aient fourni que des saprophytes banaux, bactéries ou champignons [parmi ces derniers *Stereum hirsutum* (Willd) Pers. a fréquemment été isolé].

Afin de vérifier la deuxième hypothèse, j'ai étudié les propriétés d'extraits de vermoulure fraîche prélevée dans les galeries d'*A. biguttatus*. Tout d'abord M. le Professeur R.-J. Gautheret a bien voulu faire procéder dans ses services à un test-avoine dont le résultat a été négatif. La substance active, si elle existe, n'a donc pas les propriétés d'une auxine. Il restait à vérifier si elle avait des propriétés excito-formatrices analogues à celle des acides 2.4-dichlorophénoxyacétique ou naphtoxyacétique. A cet effet, j'ai procédé aux expériences suivantes :

Première expérience. — Des prismes de tissus de tubercules de Topinambour ont été placés dans des boîtes de Pétri sur un milieu gélosé ne contenant que du glucose et des sels minéraux. Huit boîtes ont été préparées contenant chacune six prismes. Trois de ces boîtes servaient de témoins. Dans les cinq autres, une rondelle de milieu d'environ 2^{cm} de diamètre avait été enlevée aseptiquement à l'emporte-pièce. Cette cavité a reçu environ $0^{cm^3},6$ d'une solution aqueuse contenant la substance extraite de 10^{g} de vermoulure, redissoute dans 10^{cm^3} d'eau distillée, puis stérilisée. Au bout de huit jours, les prismes de tissu placés dans les boîtes ayant reçu cette solution proliféraient avec vigueur alors que les témoins ne manifestaient aucun développement. Cette prolifération était localisée au contact du milieu et les fragments de tubercules étaient progressivement soulevés par un bourrelet de tissu néoformé.

Deuxième expérience. — 30 prismes de Topinambour sont disposés comme précédemment sur milieu non gélosé. 10^{cm^3} d'extrait de la vermoulure des galeries sont solidifiés par de la gélose et un fragment de gélose est déposé sur 20 de ces prismes. Au bout de 8 jours c'est alors la face supérieure au

contact avec la gélose imprégnée d'extrait qui a proliféré, l'épaisseur du tissu néoformé atteignant plus de 2^{mm}.

Conclusions. — La vermoulure des galeries des larves d'*Agrilus biguttatus* est imprégnée d'une substance excito-formatrice n'ayant pas les propriétés d'une auxine. La nature de cette substance reste à déterminer. Cependant, on doit noter que l'odeur de cet extrait alcoolique est tout à fait analogue à celle d'une solution d'acide 2.4-dichloro-phénoxyacétique. La substance extraite pourrait donc appartenir au même groupe d'acides à noyau phénolique. Sa formation s'expliquerait par la fragmentation au cours de la digestion par la larve des fragments de tissus libériens ingérés, des molécules de produits tanniques, abondants dans le liber du Chêne, dans lesquels la rupture des liaisons entre noyaux phénoliques pourrait aboutir à l'apparition d'acides de ce groupe.

L'action de cette substance, toxique au voisinage immédiat des galeries, excito-formatrice à plus grande distance, sa concentration diminuant au fur et à mesure qu'elle diffuse, explique la structure des tumeurs observées.

PHYTOPATHOLOGIE. — *Une trachéomycose des Caféiers en Côte d'Ivoire.* Note de M. **Claude Moreau** et Mme **Mireille Moreau**, présentée par M. Roger Heim.

Sur des rameaux morts de *Coffea canephora*, récoltés par M. H. Jacques-Félix dans des plantations à Issia (cercle du Haut-Sassandra, Côte d'Ivoire), nous avons observé, parmi les nombreux stromas d'un *Eutypella*, les curieuses fructifications d'une Diatrypacée (*sensu* Nannfeldt) du genre *Peroneutypa* Berlese.

Sous les périthèces, dans les vaisseaux du bois et le parenchyme ligneux, on note la présence de fins filaments ramifiés; en outre, selon des bandes plus ou moins régulières, les cellules sont complètement obstruées par des thylles gommeux. A cette thyllose correspond en surface des zones de dessèchement de l'écorce, parfois très étendues.

Le Champignon ne se manifeste à l'extérieur que par un stroma érompant porteur de corémies (forme conidienne stilbacée du parasite) et traversé par le col cylindroïde du périthèce. Le parenchyme cortical est, en général, désagrégé par 4 couches successives de stroma parallèles, fréquemment reliées les unes aux autres par des trabécules pseudoparenchymateux; le stroma érompant est une simple expansion tuberculiforme de la couche la plus externe. Les périthèces, isolés ou groupés par deux ou trois dans un stroma commun, sont profondément enfoncés. Leur base subglobuleuse, ventrue, plus ou moins aplatie, de $270\text{-}450 \times 200\text{-}300^{\mu}$, est surmontée d'un long col ($400\text{-}900^{\mu}$), se frayant un passage à travers les tissus de l'hôte puis dans le stroma érompant d'où il émerge de $200\text{-}700^{\mu}$. Les asques, tapissant toute la

paroi interne du périthèce, sont claviformes, munis d'un long pédicelle fin, sans appareil apical visible. Ils mesurent 30-40 × 3-5$^{\mu}$ (p. sp. 14-18$^{\mu}$). Les ascospores, de très petite taille (3-4 × 0,75-1$^{\mu}$), allantoïdes, hyalines, légèrement brunes en masse, sont groupées par huit dans les asques, disposées sur deux rangs ou sans ordre. Les corémies de la forme stilbacée du type *Graphium*, de 400-700$^{\mu}$ de long, comportent de nombreux filaments ramifiés et cloisonnés, de 2$^{\mu}$ de diamètre, à paroi brune, épaisse.

Ce Champignon, qui correspond au genre *Peroneutypa* de Berlese, ne s'identifie à aucun des quelques représentants actuellement connus de cette coupure. Nous proposons pour lui le nom de *Peroneutypa multistromata* nov. sp.

L'importance des modifications anatomiques causées par le *Peroneutypa* permet de le considérer comme un grave agent de trachéomycose. Il est possible que la fructification parfaite du parasite ne puisse se produire sur les rameaux vivants; des cas semblables ont en effet maintes fois été observés [*Ceratostomella Ulmi* (Schw.) Buism., *Gnomonia leptostyla* (Fr.) Ces. et de Not., par exemple]. Il est alors difficile de reconnaître l'agent pathogène et souvent un examen hâtif incrimine les parasites les plus apparents, n'ayant qu'un rôle local, comme cause principale du dépérissement. Les difficultés de mise en culture de nombreux parasites graves (*Pythium*, *Phytophthora* notamment) contribuent encore à fausser les résultats des isolements des pathogènes.

Dès 1939, Roger Heim (1) attirait l'attention sur l'importance des attaques de *Corticium* et de Polypores sur les plantations de Caféiers de la Côte d'Ivoire. Tout récemment, la mission Jacques-Félix rapportait de nombreux échantillons de Caféiers atteints sur lesquels nous avons reconnu, outre le *Peroneutypa* qui fait l'objet de cette Note : *Gibberella xylarioides* (Stey.) Heim et Saccas, également agent d'une trachéomycose qui décime actuellement les plantations de *Coffea excelsa* et *robusta* de l'Oubangui (2), *Hypomyces haematococcus* (Berk. et Br.) Wr. qui cause un chancre des caféiers dans l'Est Africain, *H. haematococcus* var. *breviconus* Wr. responsable d'une pourriture du collet en Indochine, et de très nombreux saprophytes (*Entosordaria*, *Sphaerulina*, *Thryblidiella*, *Diplodia*, *Pestalozzia*, *Fusarium*, etc.).

La présence sur Caféiers d'une telle abondance de Champignons, dont certains manifestent vis-à-vis de leur support une agressivité notable, prouve qu'au moins dans une partie des plantations de *Coffea* d'Afrique Occidentale ces cultures manifestent un état de déficience ou de carence. Loin d'être

(1) *Observations et suggestions préliminaires concernant une mission d'études scientifiques récemment accomplie en Côte d'Ivoire et en Guinée française* (*Acad. Sc. colon.*, 18, 1931-1940, p. 335-353, 23 juin 1939).

(2) R. Heim et A. Saccas, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 536-538.

définitivement résolue, la question du dépérissement des Caféiers en Afrique intertropicale, probablement dû à des causes multiples, ne peut que susciter des investigations et des expériences nouvelles.

PHYSIOLOGIE. — *Le sort du calcium dans les diverses parties du tube digestif du Rat adulte.* Note (*) de M. **Paul Fournier**, présentée par M. Léon Binet.

Dans une Note précédente nous avons exposé une méthode de détermination du taux d'absorption des principes nutritifs de la ration aux divers niveaux du tube digestif ([1]). Cette méthode générale peut s'appliquer aussi à l'étude quantitative de l'absorption des substances médicamenteuses ou toxiques.

Des rats albinos, adultes, mâles, pesant entre 280 et 310^g, sont répartis en deux lots et reçoivent, dans les mêmes conditions, à raison de 18^g par jour, des régimes ne différant pratiquement que par leur teneur en Ca : lot n° I, 417^{mg} pour 100^g de régime; lot n° II, 17^{mg} pour 100^g.

Les rats du lot I sont nourris avec un régime 1 dont la composition centésimale est la suivante : caséine purifiée, 18; amidon purifié, 70; graisse de beurre, 6; mélange salin, 2; CO_3Ca, 1; O_2Ti, 1; mélange vitaminique, 1; gélose purifiée, 1. De plus, chaque semaine, les rats reçoivent trois gouttes d'huile de foie de morue. Le régime des rats du lot II ne diffère du précédent que par le remplacement du CO_3Ca par une quantité équivalente d'amidon purifié. Le mélange salin, dérivé de celui du Hubbel, Mendel et Wakeman ([2]), contient, en grammes pour 100^g : ClNa, 15; PO_4H_2K, 46; ClK, 26; $SO_4Mg\ 7OH_2$, 3,5; hydrocarbonate de magnésium, 5,6; oxalate ferreux, 3,4; SO_4Mn, 0,07; FNa, 0,2; alun de potassium cristallisé, 0,034; $SO_4Cu\ 5OH_2$, 0,18; IK, 0,016. Le mélange vitaminique contient en milligrammes : thiamine, 6; riboflavine, 6; pyridoxine, 6; biotine, 5; acide folique, 5; pantothénate de calcium, 7; amide nicotinique 75; pour 25^g d'amidon purifié.

L'établissement des bilans permet de juger du moment où les rats sont en équilibre calcique. Ils sont alors sacrifiés, et le contenu de chacune des portions du tube digestif est prélevé séparément. Le calcium et l'oxyde de titane sont dosés dans chacun des prélèvements, et le rapport Ca/O_2Ti est calculé. Le graphique indique les variations de ce rapport en fonction du lieu d'origine des prélèvements; il résume la question du sort du calcium dans les diverses parties du tube digestif.

La courbe 1 du graphique peut être divisée en plusieurs zones :

1° Au niveau de l'estomac, on observe une zone stationnaire, où, chez le

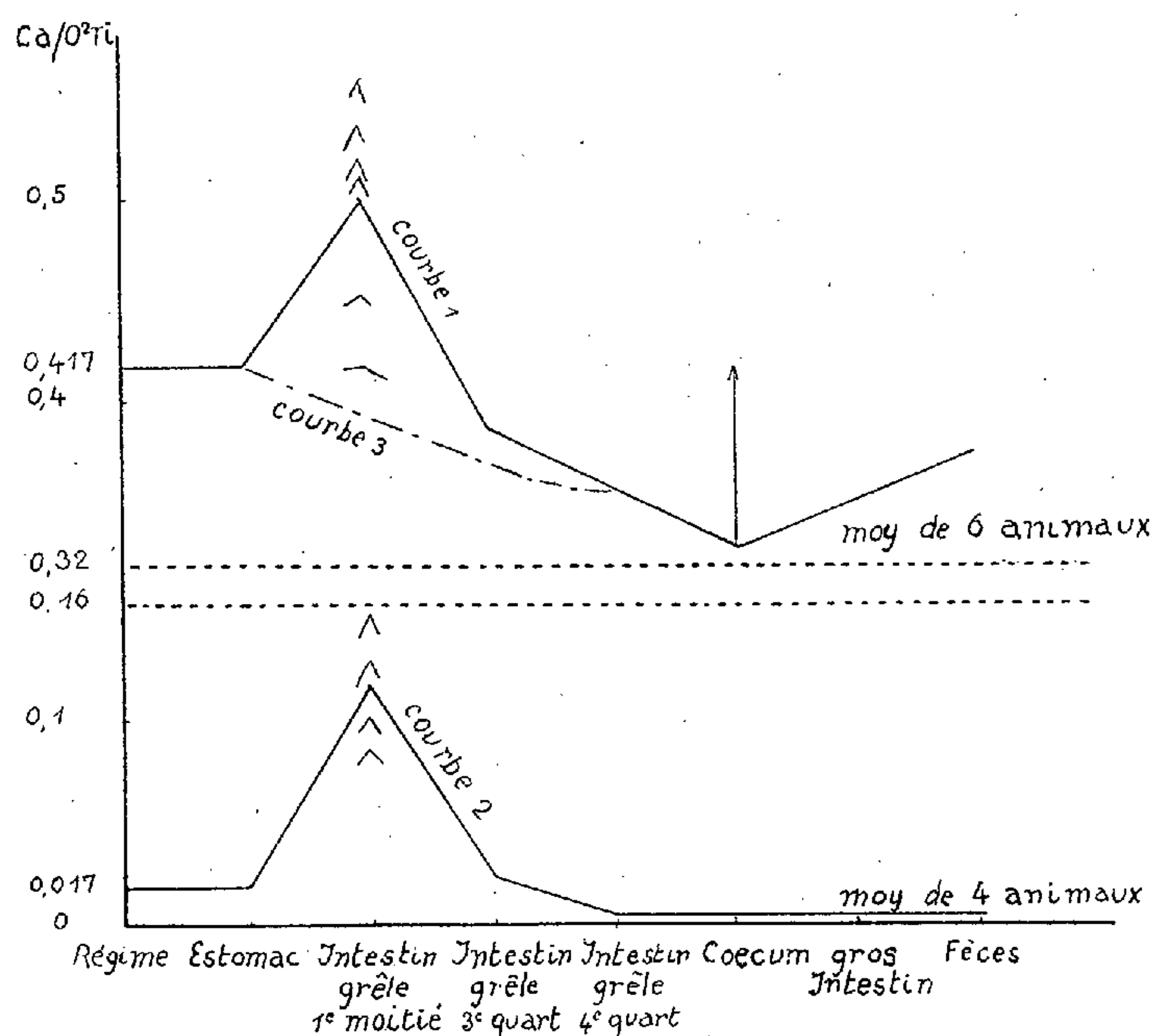
(*) Séance du 6 décembre 1950.

([1]) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1343.

([2]) *J. Nutrition*, **14**, 1937, p. 273-285.

Rat en équilibre calcique, on ne décèle pas de variation sensible de teneur en Ca, par rapport à la teneur du régime en cet élément.

2° Au niveau de la première moitié de l'intestin grêle, existe une zone d'irrégularité où l'on constate, le plus souvent, mais non constamment, un enrichissement important du contenu du tube digestif en Ca, par rapport au régime. Cet enrichissement correspond à un apport endogène. Les fluctuations de teneur en Ca à ce niveau traduisent les variations de flux des sucs digestifs déversés en ce lieu et le rythme irrégulier du fonctionnement pylorique.



3° Dans la deuxième moitié de l'intestin grêle, on observe une zone de décroissance constante de la teneur en Ca.

4° Au niveau du cœcum, la teneur en calcium tombe invariablement, chez tous les rats examinés, à une *valeur minimum*. L'existence de cette concentration minimum correspond à un fait important. C'est la différence entre l'ordonnée à l'origine de la courbe et l'ordonnée de ce point minimum (*voir* la flèche de la courbe 1) qui fournit, par un calcul simple, le taux d'absorption intestinale du Ca.

5° Enfin il existe une zone d'accroissement de la teneur en calcium dans le gros intestin. Cet enrichissement traduit l'élimination d'une quantité de calcium endogène correspondant à la plus grande partie du Ca absorbé au

---

(3) J. Marek, O. Wellmann et L. Uurbányi, *Mezögazdas kutatás*, 8, 1935, p. 181-204.

niveau de l'intestin grêle, au point qu'il devient possible de parler de *rein intestinal*.

La courbe 2 du graphique se rapporte au sort du Ca dans le tube digestif pour un régime aussi dépourvu que possible de Ca. Elle présente, en première approximation, les variations de teneur en Ca endogène. Afin de connaître le sort du Ca alimentaire, du Ca exogène, dans les diverses portions du tube digestif, il convient de soustraire cette courbe 2 (Ca endogène) de la courbe 1 (Ca endogène et exogène). On obtient ainsi la courbe 3 qui, du fait de la mise hors de cause du Ca endogène, ne présente plus de zone d'irrégularité au niveau de la première partie de l'intestin grêle.

Cette courbe 3, qui a trait au sort du Ca ingéré, montre que, contrairement à une opinion fondée sur des expériences où il n'est pas tenu compte du Ca endogène [3], ce n'est pas seulement dans la seconde moitié de l'intestin grêle, mais dans toutes ses parties, que se fait l'absorption du Ca exogène, du moins chez l'animal en équilibre calcique.

ANTHROPOLOGIE PHYSIOLOGIQUE. — *Test d'hypokaliémie provoquée par l'injection d'acétate de désoxycorticostérone chez des sujets de race noire et des sujets de race blanche.* Note de Mme **Jeanne Leschi**, présentée par M. Léon Binet.

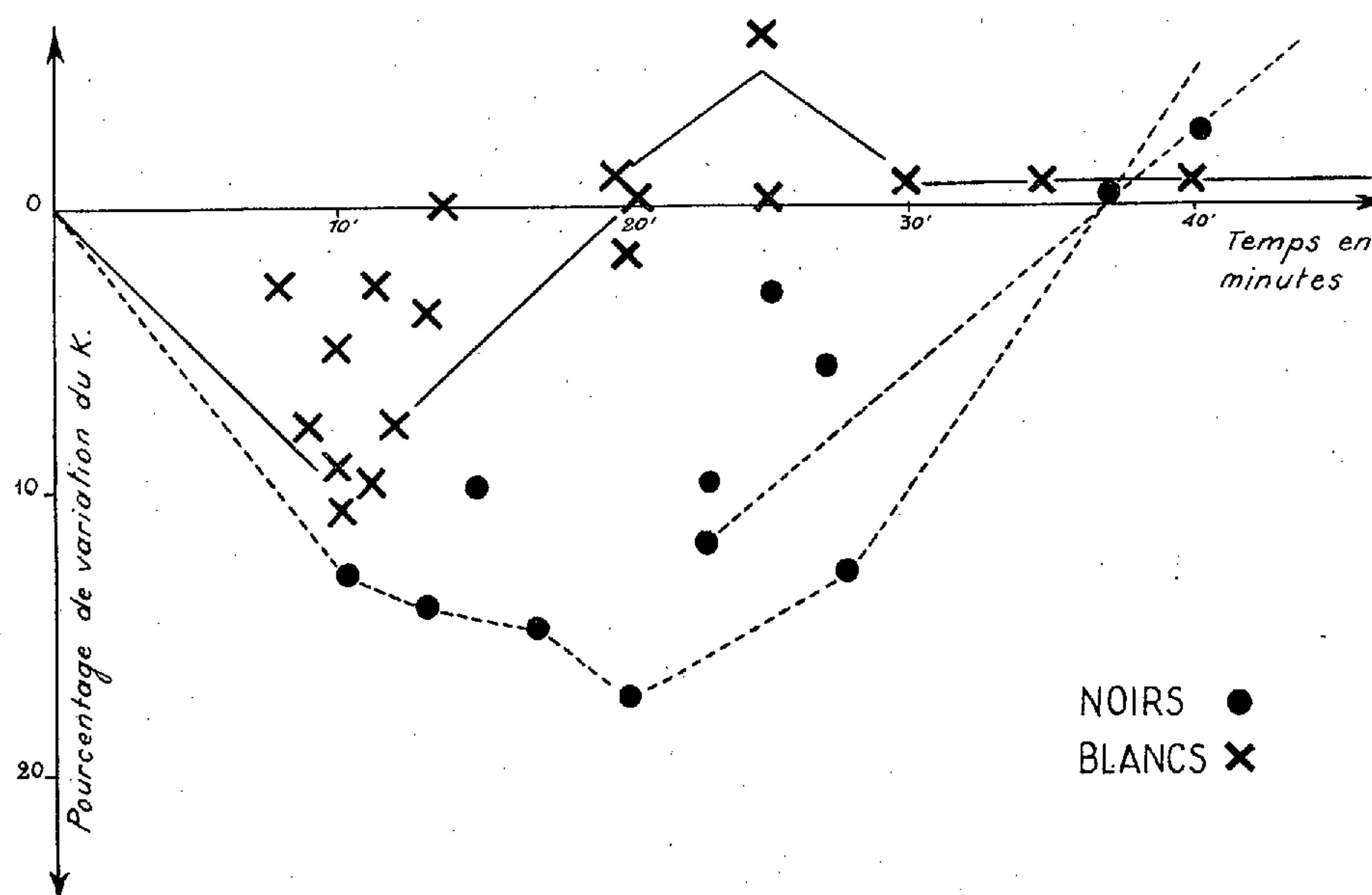
Dans un travail précédent [1] nous avons mis en évidence une hyperkaliémie provoquée par l'injection de sels de potassium, plus durable et plus intense chez les Noirs que chez les Blancs. Nous avons attribué cette différence à un niveau d'activité corticosurrénalienne moins intense chez les Noirs que chez les Blancs, l'injection d'hormone faite aux sujets de race noire diminuant cette hyperkaliémie et entraînant, à la dose de 40^{mg}, une baisse du taux du potassium plasmatique initial [2]. Nous nous sommes alors demandé suivant quelles modalités l'hormone seule faisait varier l'équilibre des ions Cl^-, Na^+ et K^+ du plasma chez les deux groupes raciaux.

L'examen a porté sur des sujets en bonne santé apparente, adultes, tous de sexe masculin, sauf quelques sujets blancs : n° 5, 12, 13, 15 et 16. Une première prise de sang a été suivie immédiatement de l'injection I/M de 40^{mg} d'acétate de désoxycorticostérone (syncortyl). Une deuxième prise de sang a été faite à des temps variables après l'injection d'hormone.

Nous avons calculé, en fonction du temps suivant l'injection, le pourcentage de variation du taux du potassium plasmatique à partir de sa valeur initiale. Chez les deux grandes races, le potassium plasmatique diminue. La diminution maximum est de 10 % chez les Blancs et de 17 % chez les Noirs. Elle a lieu au bout de 10 minutes chez les Blancs, au bout de 20 minutes chez les Noirs. Le

(1) *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1050-1052.
(2) *Comptes rendus*, 225, 1947, p. 1023-1024.

retour à la normale se produit de 15 à 20 minutes après l'injection d'hormone chez les Blancs, de 30 à 40 minutes chez les Noirs. Le *graphique* résume ces résultats.



La diminution du taux du potassium n'est pas due à une dilution des éléments plasmatiques. Le chlore et le sodium ont été dosés parallèlement au potassium sur les mêmes sujets. Chez les Blancs, au temps où a été fait l'examen, les valeurs de Cl^- et de Na^+ oscillent autour de leur taux initial. Chez les Noirs, le chlore ne varie pas non plus, mais le sodium subit une augmentation pouvant atteindre 5 %.

Dans les conditions de durée où les examens ont eu lieu, l'action de 40^{mg} d'hormone est donc efficace sur le taux du potassium plasmatique des sujets de race noire et de race blanche. Par contre les éléments Cl^- et Na^+ du plasma ne varient pratiquement pas. Seule est observable une augmentation légère du sodium chez les sujets de race noire.

Des différences raciales sont mises en évidence par ces examens. Chez les Blancs, la régulation du potassium plasmatique ne se fait pas suivant la même cinétique que chez les Noirs. La baisse de la kaliémie après injection d'hormone est plus intense, plus rapide chez les Blancs que chez les Noirs. La régulation de la kaliémie est chez les Blancs plus efficacement contrôlée. Or les Noirs se situent d'après l'examen biochimique des éléments Cl, Na, K et Cu sanguin ([3]) et ([4]) à un niveau d'activité surrénalienne inférieur à celui des Blancs.

([3]) *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 1043-1051.
([4]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 1181-1183.

L'action de l'hormone montre donc que cette moindre activité relative se traduit aussi par une lenteur de réaction, un retour à la normale tardif, une déviation plus grande par rapport à la valeur initiale et par là une plus grande instabilité fonctionnelle.

CYTOLOGIE. — *Modifications réversibles de la structure du noyau de certaines cellules animales par action de l'eau distillée.* Note (*) de M. **Pierre de Puytorac**, présentée par M. Louis Fage.

Nos recherches reposent sur l'observation vitale de la cellule hépatique de *Rana temporaria*, toujours contrôlée par l'examen de préparations fixées et colorées. Le noyau de ces cellules présente une structure légèrement réticulée, l'intersection des mailles du réseau peu chromatique et très fin étant occupée par des chromocentres plus ou moins volumineux très fortement colorables. Un nucléole, quelquefois deux, de section optique circulaire, sont suspendus dans le nucléoplasme. Quand le nucléole est unique, il a une position à peu près centrale et il est souvent entouré de quelques chromocentres groupés. La distinction entre nucléole et chromocentre, peu aisée par la coloration à l'hématoxyline, devient très nette par l'emploi des doubles colorations vert de méthyle-pyronine, éosine-bleu de méthylène, Feulgen-vert lumière (*fig.* 1).

Ces noyaux sont peu sensibles à l'homogénéisation habituellement décrite après emploi du liquide de Regaud.

Après action de l'eau distillée pendant 30 minutes environ, on observe un gonflement des noyaux et d'importantes modifications de structure. Le diamètre nucléaire des tissus étudiés oscille normalement entre $5^{\mu},4$ et $6^{\mu},7$. De nombreuses mensurations donnent un diamètre moyen de $6^{\mu},3$. Après hydratation ce chiffre atteint $6^{\mu},7$, le diamètre des noyaux variant entre $5^{\mu},4$ et $7^{\mu},4$, ce qui traduit une augmentation de 1/15 du diamètre moyen initial, soit, si l'on assimile le noyau à une sphère, une augmentation moyenne de volume d'à peu près 1/4 du volume initial. En même temps se produit une homogénéisation de la structure nucléaire. Ce n'est pas la traduction d'une simple diminution de la seule réfringence, car on la remarque aussi sur le matériel fixé et coloré, avec des degrés variés d'homogénéisation croissante en fonction de la durée d'hydratation. Après 30 minutes environ, les chromocentres ne se détachent plus aussi distinctement dans le nucléoplasme. Ils se présentent sous forme de plages réduites, peu chromatiques, alors que le réticulum qui les réunit paraît devenir plus net (*fig.* 2 et 3).

Une vacuole latérale se forme à l'intérieur du nucléole, quelquefois deux, et dans ce cas elles sont opposées. La substance nucléolaire se condense en une

---

(*) Séance du 6 décembre 1950.

masse fortement chromatique affectant le plus souvent la forme d'un croissant ou répartie plus ou moins régulièrement au pourtour du nucléole, et elle présente alors fréquemment des épaississements locaux. Il semblerait ainsi se produire après hydratation du nucléole un phénomène comparable à la synhérèse expérimentalement réalisée sur certains gels (*fig.* 4).

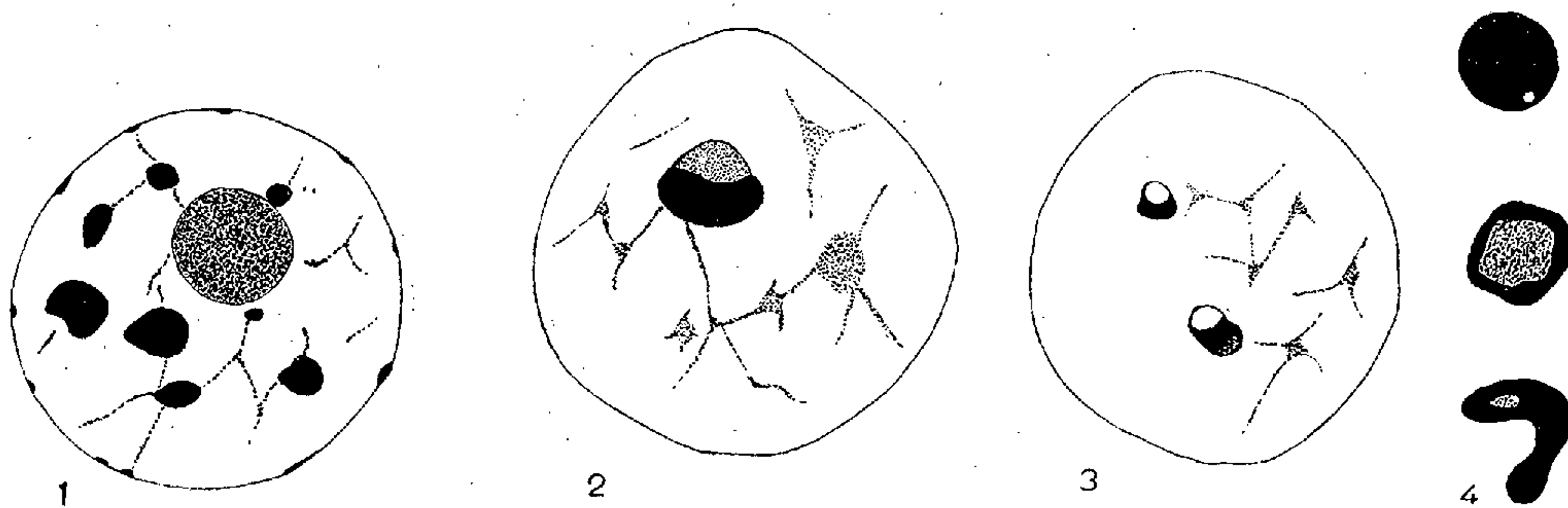


Fig. 1. — Noyau de cellule hépatique normale.
Fig. 2 et 3. — Noyaux de cellules ayant subi pendant 30 minutes l'action de l'eau distillée.
Fig. 4. — Nucléoles types après action de l'eau pendant 30 à 45 minutes.

Jusqu'à un certain degré, ces transformations sont réversibles dans des conditions dont nous pensons qu'elles permettent, pendant un certain temps du moins, une survie quasi normale des cellules. Le critérium de la vitalité ne pouvant être donné ici par l'existence d'une cyclose, nous nous sommes seulement basé pour préciser ce point sur l'état du noyau et du cytoplasme avec son chondriome par comparaison avec l'état normal. Par retour dans une solution de Tyrode convenablement diluée, qui maintient les cellules hépatiques normales en bon état pendant plusieurs heures, on observe au bout d'une heure ou deux, un dégonflement des noyaux et la réapparition des chromocentres avec leur habituelle colorabilité. Le nucléole est plus lent à reprendre son aspect initial et parfois il est accompagné de petits corpuscules annexes semblables à des micronucléoles. Si l'action de l'eau se prolonge, l'homogénéisation devient presque totale et les nucléoles se déforment, prenant l'aspect de virgule ou d'accent circonflexe. Dans ce cas les noyaux peuvent encore récupérer leur structure, mais la réversibilité de ces changements d'état n'est plus compatible avec la vie et se fait incontestablement dans des cellules en voie de nécrose rapide. Le plus souvent ces noyaux totalement homogènes meurent d'ailleurs en restant homogènes.

En résumé, par action de l'eau distillée *in vivo*, les noyaux de *Rana temporaria* subissent une importante augmentation de volume assez comparable à celle qui se réalise au moment de la mitose, allant de pair avec une homogénéisation de la structure, marquée par l'atténuation de la visibilité et de la chromaticité des chromocentres, et la création de petites vacuoles au sein du

nucléole. Ces transformations sont réversibles dans des conditions permettant encore une survie possible des cellules. Elles s'accompagnent de modifications cytoplasmiques que nous ferons connaître ultérieurement.

CYTOLOGIE. — *Présence d'acide thymonucléique diffus dans le nucléoplasme des ovocytes chez certains* Gastéropodes Prosobranches. Note de M. **André Franc**, présentée par M. Louis Fage.

De l'acide thymonucléique a été décelé à l'état diffus dans le nucléoplasme des ovocytes chez *Gibbula umbilicalis* da Costa et chez *Trochocochlea lineata* da Costa; la réaction nucléale et la coloration de Pappenheim-Unna ne donnent de résultats positifs que dans les ovocytes parvenus à un stade avancé de la vitellogenèse.

Dans une Note récente ([1]), Mme N. Fautrez-Firlefyn a signalé la présence d'acide thymonucléique diffus dans le nucléoplasme d'ovocytes nourriciers d'*Artemia salina* L. à certains stades du développement et l'expulsion en bloc de cet acide dans le cytoplasme.

Ayant utilisé récemment les mêmes techniques de coloration que cet auteur (vert de méthyle-pyronine, réaction nucléale), mais sur un tout autre matériel, nous avons été amené à reprendre l'étude de nos préparations.

De nouvelles colorations, faites sur le conseil de M. Gabe, nous ont permis de retrouver, chez certaines espèces de Gastéropodes Prosobranches, de l'acide thymonucléique à l'état diffus dans le nucléoplasme.

Sur des coupes de gonade de *Trochocochlea lineata* da Costa et de *Gibbula umbilicalis* da Costa, provenant du Laboratoire maritime de Dinard et colorées par le mélange d'Unna, on constate vers la fin de l'interphase, à un stade où la vitellogenèse n'est pas encore terminée, que la totalité du noyau, à l'exception du nucléole, se colore uniformément en vert.

La réaction nucléale, exécutée après fixation suivant Bouin-Allen, est, au même stade, nettement positive pour le nucléoplasme. Toutefois, la coloration obtenue est plus pâle que celle des noyaux des cellules folliculeuses ou du conjonctif voisin.

Sur des préparations-témoins, soumises à l'action du réactif de Schiff sans hydrolyse préalable, la réaction est négative pour le nucléoplasme. On peut donc assurer qu'il s'agit très probablement d'acide thymonucléique diffus, même en l'absence du contrôle enzymatique ([2]), dont le bien-fondé a été récemment mis en doute ([3]).

L'étude du stade suivant (passage de l'acide thymonucléique dans le

---

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 144, 1950, p. 1127.

([2]) Mc Carty, *J. gen. Physiology*, 29, 1946, p. 123.

([3]) D. G. Catcheside et B. Holmes, *Symp. Soc. exp. Biol.*, 1, 1947, p. 127.

cytoplasme) est plus difficile chez ces Prosobranches, car il existe, à ce moment, dans le cytoplasme, des formations qui recolorent le réactif de Schiff en l'absence de toute hydrolyse. Seul l'emploi de désoxyribonucléase pourrait permettre de préciser ce point.

Chez *Calliostoma zizyphinum* L. la coloration par le mélange d'Unna donne les mêmes résultats, mais l'interprétation des coupes colorées au Feulgen est très délicate, car à ce stade, ainsi que le montrent les préparations-témoins, le nucléoplasme contient un composé qui, sans hydrolyse, prend une teinte jaunâtre après un séjour de 20 minutes dans le réactif de Schiff.

Cependant, le nucléoplasme est nettement plus violacé après hydrolyse. La quantité d'acide thymonucléique à l'état diffus dans le noyau des ovocytes chez les trois espèces de Prosobranches examinées doit être relativement faible si l'on en juge par l'intensité de la coloration; elle n'atteint probablement pas la même importance que chez *Artemia salina*.

En dehors de deux travaux récents dus à M. Gabe et M. Prenant ([4]) et à A. Franc ([5]), où ont été signalées des plages colorables en vert par le mélange d'Unna et en rose par le Feulgen dans le nucléole d'ovocytes de Mollusques, la présence d'acide thymonucléique à l'état diffus dans le nucléoplasme à des stades avancés de l'ovogenèse ne semble pas avoir été constatée chez des représentants de cet embranchement.

Enfin, chez *Artemia salina* il s'agit d'ovocytes nourriciers, destinés à dégénérer avant la fin de l'ovogenèse, tandis que chez les Prosobranches étudiés il s'agit d'ovocytes tout à fait normaux.

Nous espérons que les recherches que nous avons entreprises dans ce domaine nous permettront de préciser la signification biologique de ce phénomène.

ZOOLOGIE. — *Les étapes évolutives de l'endosquelette chez les Crustacés Décapodes.* Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Louis Fage.

L'un des caractères les plus originaux des Décapodes est la présence d'un endosquelette, système apodémien complexe, surajouté par l'évolution au plan structural commun à tous les Malacostracés. Nos connaissances très partielles à son sujet sont contenues dans un Mémoire d'ensemble de Milne Edwards (1851), et dans quelques études plus récentes, le plus souvent monographiques (Huxley, 1881; Pearson, 1908; Netz, 1917; Junge, 1934; Cochran, 1935; Drach, 1939; Abrahamczik-Scanzoni, 1942). D'après ces données, récemment synthétisées par Balss dans le *Bronn's Thierreich* : 1° l'endosquelette n'existe que chez les Décapodes Reptantia et manque chez les Natantia; 2° ses différentes

([4]) *La Cellule*, 53, 1949, p. 99.
([5]) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1162.

parties sont en continuité par leurs bords internes, formant une série d'arceaux ininterrompus de chaque côté du corps, et même d'un côté à l'autre du corps chez les Macroures.

S'il en était ainsi il existerait entre les Natantia, sans endosquelette, et les Reptantia à endosquelette continu, une discontinuité évolutive énorme, sans exemple chez des animaux d'un même ordre; de plus, l'examen des Décapodes actuels ne saurait nous donner aucune indication sur l'origine de l'endosquelette. Une étude extensive portant sur plus de 50 espèces, réparties dans les principales familles de Décapodes, m'a conduit à une révision des données classiques, et m'a permis de fixer trois étapes principales dans l'évolution phylogénétique de l'endosquelette.

I. Contrairement à ce qui est généralement admis, les Natantia possèdent un endosquelette dont les diverses parties sont homologues de celles des Reptantia. Il se présente sous sa forme la plus schématique chez les Pénéides, précisément connus comme les plus primitifs des Décapodes actuels; il est formé d'une succession métamérique de petites lames paires, issues d'invaginations, formées les unes à partir du plastron sternal (endosternites), les autres à partir des épimères (endopleurites); relativement courtes, elles n'entrent jamais en contact les unes avec les autres. C'est la forme la plus simple de l'endosquelette, le premier stade par lequel il se manifeste au cours de l'évolution.

J'ai retrouvé un endosquelette de même type parmi les Reptantia chez les Eryonides (g. *Polycheles*), qui, de ce fait, doivent-être complètement séparés des Palinurides auxquels on les a quelquefois réunis.

II. Parmi les Reptantia, l'endosquelette n'est continu que dans certains groupes. Dans les autres, ses différentes parties sont en contiguïté par leurs bords internes, mais sans continuité réelle; elles sont engrenées par des denticulations complémentaires, à la manière des os du crâne. Ce mode de liaison est réalisé : 1° dans les tribus des Homarides et des Thalassinides; 2° chez une partie des Pagurides et des Galathéides; 3° parmi les Brachyoures, dans les seules familles des Homolidés, des Homolodromiidés, ainsi que chez quelques Raninidés. Ces constatations cadrent avec le caractère primitif reconnu par les anatomistes (Bouvier) et les paléontologistes (Van Straelen) aux Homarides parmi les Macroures, aux Homolidés et Homolodromiidés, parmi les Brachyoures. Netz (1917) donne bien une photographie montrant les engrenages des endosternites et endopleurites de l'écrevisse (*Potamobius astacus* Leach); mais il pense que les denticulations réalisent des anastomoses entre les pièces; ceci est inexact, ainsi que j'ai pu m'en assurer sur coupes.

Ce mode de liaison réalise une étape évolutive plus avancée que celle de l'endosquelette à lames séparées, mais plus primitive que celle de l'endosquelette continu.

III. L'endosquelette est continu, par soudure complète entre les bords

internes des différentes lames : 1° dans la tribu des Palinurides (*sensu stricto*, sans les Eryonides); 2° dans les familles les plus évoluées des Pagurides et des Galathéides (Lithodidés; Porcellanidés; Ægléidés), 3° chez la presque totalité des Brachyoures à l'exclusion de certains Raninidés, des Homolidés et des Homolodromiidés.

Ces faits permettent de comprendre l'évolution progressive qui a conduit aux formations endosquelettiques continues. Cette évolution s'est réalisée d'une manière indépendante dans plusieurs directions; elle traduit une *tendance de groupe* commune à divers phylums, dont chacun peut être caractérisé par un certain plan structural de l'endosquelette réalisé à l'une ou l'autre des deux dernières étapes évolutives (II ou III).

L'évolution de l'endosquelette est étroitement corrélative d'une évolution dans le mécanisme de l'exuviation. Pour les endosquelettes du type II (pièces engrenées), il est nécessaire que les différentes lames puissent s'écarter les unes des autres, ce qui est rendu possible par leur déminéralisation; celle-ci, réalisée avant la mue, n'altère en rien la forme des pièces; il s'agit d'une résorption *topographiquement conservative;* l'endosquelette exuvial est morphologiquement identique à l'endosquelette normal. Les endosquelettes du type III (continus) exigent la résorption complète des zones de jonction entre les différentes pièces, faute de quoi la mue serait impossible; ces résorptions, signalées antérieurement (Drach, 1935), sont *topographiquement différentielles* et peuvent faire différer dans de larges limites le squelette exuvial du squelette normal.

Au cours de l'évolution les résorptions *topographiquement différentielles* ont nécessairement précédé l'apparition des endosquelettes continus (type III); dans certains groupes il est possible de vérifier qu'il en est bien ainsi : certains Galathéidés, bien qu'ayant un endosquelette du type II, montrent déjà des résorptions différentielles, analogues à celles des Porcellanidés, dont l'endosquelette, bâti sur le même plan, est du type III (continu). L'étude de la mue et des squelettes exuviaux permet donc de préciser le sens de l'évolution : au stade II les formes les plus primitives n'ont que des résorptions conservatives tandis que d'autres, plus évoluées, montrent déjà des résorptions différentielles.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Sur la nature et le déterminisme du couvain abortif chez les Polistes* (Hyménoptères Vespides). Note (*) de M. **Édouard-Ph. Deleurance**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'avortement du couvain, qui prélude à la désagrégation des sociétés chez les *Polistes*, est resté pour nous pendant longtemps une énigme. Des résultats concordants, recueillis au cours de nos recherches, nous amènent aujourd'hui à considérer le phénomène comme d'origine trophique et qualitative.

(*) Séance du 27 novembre 1950.

Trois observations préliminaires orientèrent nos investigations : 1° le caractère cyclique du phénomène ([1]); 2° lorsque l'apparition des sexués est précoce (et qu'il y a par suite très peu d'ouvrières), la durée de la phase couvain normal est considérablement abrégée; 3° dans les cas de ponte très tardive (après fondation ou adoption du nid), les femelles échouent régulièrement dans l'élevage du couvain. Le caractère progressif du raccourcissement (allant jusqu'à la suppression) de la phase couvain normal, en fonction de l'âge de la Guêpe, est particulièrement net.

Ces faits nous ont conduit à rechercher l'origine du couvain abortif : A. dans la nature des œufs pondus par les vieilles Guêpes; B. dans une action nocive de la part des vieilles femelles et des sexués; C. dans la nourriture servie aux larves.

A. 1° Par substitution de nids, nous offrons ces œufs à de jeunes femelles sortant de diapause. *Ils se développent tous et donnent un couvain parfaitement normal.*

2° Une variante de l'expérience consiste à adjoindre aux vieilles femelles des Guêpes jeunes (ouvrières ou fondatrices). L'effet est identique. L'origine du couvain abortif ne se trouve donc pas dans la nature des œufs pondus par les vieilles Guêpes ([2]).

B. Certains auteurs ont pensé que la raréfaction de la nourriture à l'automne, jointe à l'augmentation de la population adulte, provoquait, par trophallaxie, une *traite* larvaire, excessive; d'où la sous-nutrition larvaire et le dépérissement du couvain.

L'observation montre en fait que les fondatrices-filles qui forment la majorité de la population à cette époque, sont des individus en diapause, qui très rapidement n'accordent plus la moindre attention au couvain.

Poussant l'étude, nous avons pratiqué les expériences suivantes :

1° Enlèvement des sexués et nourrissage des adultes, au nid, à la becquée. On n'observe aucune amélioration du couvain. En phase abortive *aiguë*, on constate même que les Guêpes refusent les proies ([3]). Si néanmoins, grâce à divers procédés, on parvient à les leur faire accepter, le couvain ne s'en trouve aucunement amélioré.

2° le *rajeunissement* d'une vieille société par un apport d'éléments jeunes rétablit l'évolution normale du couvain. Une action nocive de la part des vieilles Guêpes ne semble donc pas devoir être considérée comme décisive.

C. 1° Tout couvain normal, offert aux vieilles Guêpes, avorte : *a. en totalité*,

---

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 601-603.

([2]) Les *très* vieilles Guêpes pondent souvent des *œufs* qui avortent. Ils ne concernent pas le phénomène étudié ici.

([3]) Ce qui explique *à ce stade*, l'arrêt de tout apport de proies au nid. Il suffit de substituer ce nid à un autre où les Guêpes sont en pleine activité, pour que la récolte des proies cesse *immédiatement*.

s'il est exclusivement composé de jeunes larves ou d'œufs; *b. à l'exception* des larves près de la pupaison dans les autres cas.

2° Un couvain abortif peut être sauvé (généralement à l'exception des larves les plus âgées), s'il est repris par de jeunes Guêpes *avant* la phase aiguë. Il y aurait donc un point d'irréversibilité.

3° Tandis qu'un couvain de *jeune* nid sous-alimenté jusqu'à l'extrême limite (par rationnement des adultes) se rétablit promptement avec le retour à l'abondance; un couvain en phase abortive *aiguë* est irrémédiablement condamné. Ce qui prouve la nature particulière de ces larves. *La sous-alimentation quantitative n'est donc pas à l'origine du couvain abortif.*

L'observation montre que, dans tous les cas précédents, les Guêpes âgées servent beaucoup moins fréquemment de nourriture *liquide* pendant la phase abortive.

4° Enfin, il convient de rapprocher de ces faits quelques expériences antérieures qui ont consisté à *ralentir* le vieillissement des Guêpes en les maintenant la nuit à basse température (4°C). Un tel procédé nous permit de presque doubler la durée de la phase couvain normal, qui passe de 40 à 70 jours. Une indication semblable paraît ressortir d'observations faites dans la nature.

En conclusion, il nous semble vraisemblable d'admettre que :

1° les Guêpes, ayant passé un certain âge, deviennent incapables de nourrir convenablement le couvain (4);

2° l'origine du couvain abortif est de nature *trophique* et *qualitative* (5).

L'incapacité des vieilles Guêpes à élever le couvain explique en partie le caractère temporaire des sociétés.

Remarquons enfin que la phase abortive explique le phénomène qui se produit en automne et qui est connu sous le non de *massacre du couvain.*

BIOLOGIE ANIMALE. — *Rôle de la gonade dans la morphogenèse du tractus génital, chez quelques Mollusques Limacidæ et Arionidæ.* Note (*) de M. PIERRE LAVIOLETTE, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les expériences de greffe de gonade, de transplantation de portions glandulaires du tractus génital et de castration, révèlent l'existence chez les Mollusques Arionidæ et Limacidæ, d'une corrélation humorale entre la glande hermaphrodite d'une part et le développement morphologique et glandulaire du tractus génital d'autre part.

Pressentie par quelques observateurs (1), l'influence de la gonade sur la

(4) Elles n'en gardent pas moins *tout leur potentiel d'activité.*

(5) Soit par déséquilibre dans la ration alimentaire, soit par absence de substances oligodynamiques. Rappelons à cet égard les échecs de nourrissage direct des larves à la becquée.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

(1) LINKE, *Verhand. der deutsch. Zool. Gesellsch.*, 1934, p. 164-175.

différenciation du tractus génital chez les Mollusques Gastéropodes, fut étudiée d'une façon fragmentaire par de rares auteurs ([2]). Les séries d'expériences que j'ai réalisées permettent de vérifier l'hypothèse hormonale formulée par Link (1934), puis par Abeloos (1943).

J'ai utilisé les espèces suivantes : Arionidæ : *Arion rufus* L., *Mesarion subfuscus* Drap., *Kobeltia hortensis* de Fer; Limacidæ : *Limax maximus* L.; *Limax flavus* L. Ces animaux, capturés ou élevés au laboratoire, ont été soumis à divers types d'expériences, après la mise au point préalable d'une technique microchirurgicale appropriée.

1. *Greffes de tissus génital.* — Les greffons sont constitués par des fragments de glande hermaphrodite de *Mesarion subfuscus* adulte, chez lesquels la totalité des spermatozoïdes a quitté la gonade et où ne subsistent que des ovocytes en fin de croissance. Quant au porte-greffe, c'est un *Arion rufus*, soit un jeune (2 mois et demi), soit un animal plus âgé, mais ayant subi un retard important dans l'évolution de son tractus génital demeuré à l'état infantile ([3]).

Un mois plus tard, le porte-greffe sacrifié, montre dans les deux cas un tractus génital nettement modifié par rapport aux témoins : la glande de l'albumine a considérablement grossi, l'ovispermiducte a pris son aspect boursouflé, caractéristique de l'adulte, la poche copulatrice s'est distendue, enfin les glandes calcaires du col de l'atrium génital sont décelables. Seuls le pénis et l'atrium génital proprement dit paraissent n'avoir subi qu'une influence réduite (*fig.* A). La taille de l'animal n'a pas sensiblement varié, tandis que celle de l'ensemble de l'appareil a triplé. Le greffon, fixé contre le tégument, a bien repris, ainsi qu'en témoigne sa structure histologique; mais il n'a contracté aucun rapport avec l'appareil génital du porte-greffe.

Les témoins du même âge n'ayant pas reçu de greffon ont conservé un appareil génital infantile (*fig.* B).

2. *Implantations d'organes réactionnels.* — La glande de l'albumine et des fragments de l'ovispermiducte sont utilisés comme organes réactionnels.

Après cinq semaines d'implantation dans la cavité générale d'un *Kobeltia hortensis* adulte, un fragment d'ovispermiducte d'*Arion rufus* jeune (4 mois) est retrouvé, sans rapport apparent avec le tractus génital du porte-greffe. Sa taille est très nettement accrue, et surtout, l'étude histologique montre que le fragment a évolué très rapidement vers le type de structure de l'adulte (développement très avancé du système glandulaire des gouttières mâle et femelle). Les témoins n'ont subi aucune évolution sensible.

Des résultats analogues ont été acquis en pratiquant l'homogreffe de la glande de l'albumine, entre deux individus de *Limax flavus* d'âge différent.

([2]) Filhol, *Arch. Anat. Micros.*, 34, 1938, p. 155-218 et 375-439; Abeloos, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 90.

([3]) Laviolette, *Bull. Soc. Linn.*, Lyon, n° 3, 1950, p. 52-56.

On peut donc admettre comme facteur responsable de la maturation accélérée de l'organe transplanté, les substances hormonales libérées par la gonade adulte.

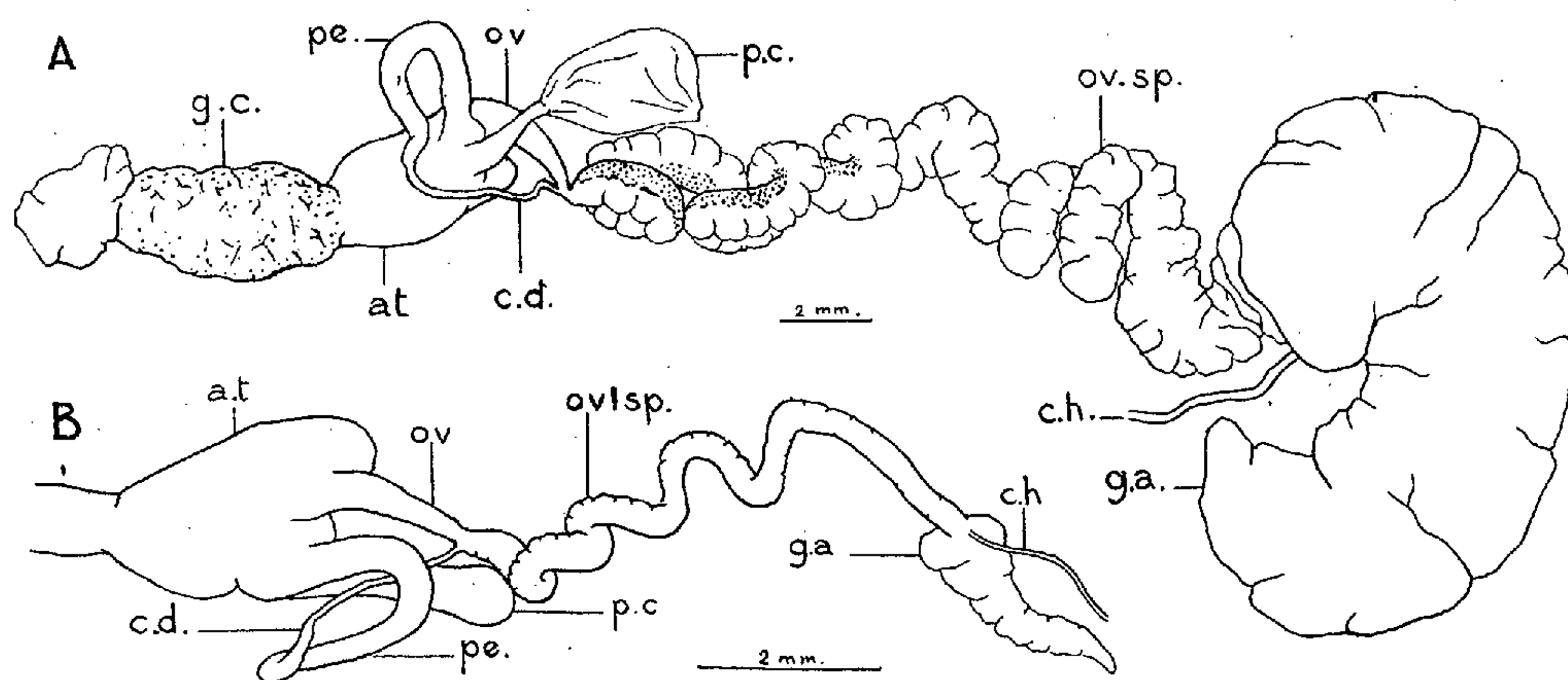


Fig. A. — *Arion rufus :* Tractus génital d'un individu infantile, mais porteur d'un greffon (gonade de *Mesarion subfuscus* adulte).

Fig. B. — *Arion rufus :* Tractus génital d'un témoin n'ayant pas reçu de greffon.
g. calc., glandes calcaires; *at*, atrium; *c. d.*, canal déférent; *pe*, pénis; *p. c.*, poche copulatrice; *ov*, oviducte; *ov. sp.*, ovispermiducte; *g. a.*, glande de l'albumine; *c. h.*, canal hermaphrodite.

3. *Ablations de la gonade.* — La castration précoce chez *Arion rufus* étant suivie de régénération ([4]), les résultats sont d'interprétation difficile. Par ailleurs, la castration post-pubérale n'est pas possible en raison de la mortalité trop élevée qui frappe les opérés.

J'ai cependant réalisé avec succès ce dernier type d'expérience (*cf.* Abeloos, 1943) sur *Limax maximus* adulte (animaux âgés de 10 mois environ et dont l'appareil génital est entièrement développé).

Après trois mois, j'ai pu observer une diminution de taille très nette des différentes parties du tractus génital, particulièrement sensible au niveau de la glande de l'albumine. La régression du pénis est par contre moins accentuée. Quant à la taille de l'animal castré, elle ne marque aucune décroissance.

([4]) LAVIOLETTE, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 468.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *La coupure oxydante du lycopène par* MnO_2 *et l'activité biologique du rétinène*$_2$ *ainsi obtenu.* Note de MM. **Paul Meunier, Jacques Jouanneteau** et **Georges Zwingelstein**, présentée par M. Maurice Javillier.

MnO_2 qui coupe le β-carotène en aldéhyde de la vitamine A_1 produit de même la coupure oxydante du lycopène en aldéhyde de la vitamine A_2, rétinène$_2$, dont l'activité biologique est identique à celle de la vitamine A_2 elle-même (40% de celle de la vitamine A_1). La formule à chaîne ouverte de Karrer pour la vitamine A_2 se trouve confirmée.

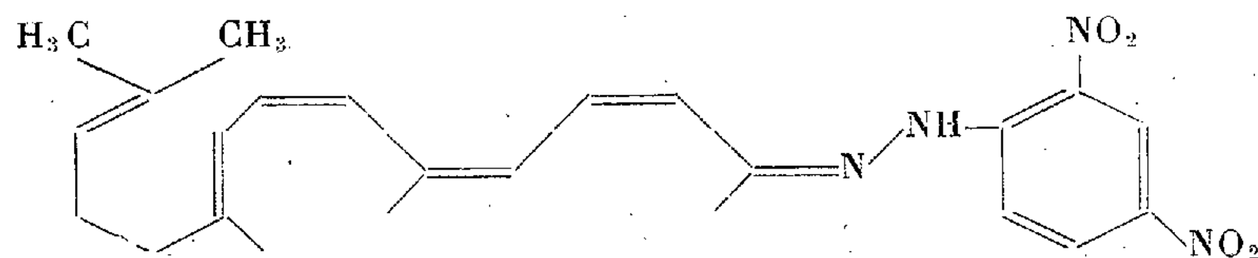
La facilité avec laquelle nous avons obtenu l'aldéhyde de la vitamine A à partir du β-carotène (1) nous a incités à tenter la même coupure oxydante par MnO_2 sur un autre caroténoïde en C_{40}, le lycopène, à cause des rapports de structure de ce dernier avec la vitamine A_2, selon la formule de P. Karrer et coll. (2).

Le lycopène cristallisé (F 176°) a été préparé selon R. Kuhn et Grundman (3) à partir d'un concentré de tomates du Midi de la France. 50^{mg} de lycopène ($E^{1\%}_{1cm}$ 1950 à 485$^{m\mu}$ dans $CHCl_3$), qui présente les caractères spectraux du lycopène all-trans selon Zechmeister et coll. (4), sont dissous dans 100$^{cm^3}$ d'éther sulfurique anhydre mélangés de 3$^{cm^3}$ d'alcool absolu.

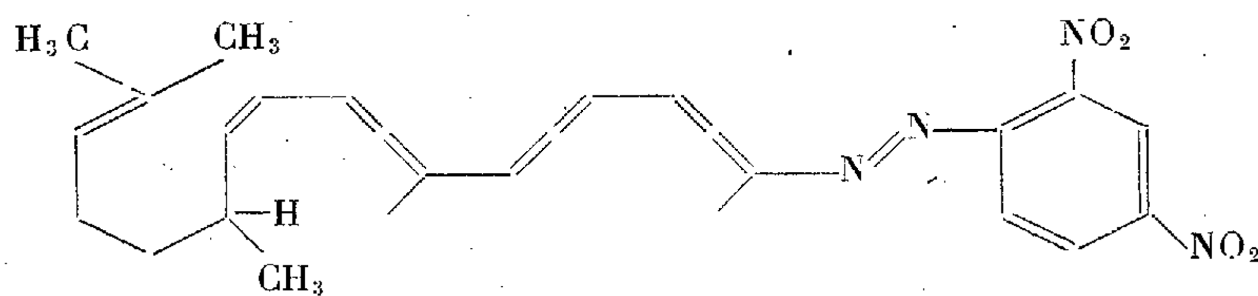
La solution est agitée en présence d'air à l'abri de la lumière avec 5^g de bioxyde de manganèse électrolytique à grain très fin. La décoloration est plus rapide qu'avec le β-carotène [*cf.* (1)]. Au bout de 3 minutes, le bioxyde est séparé par simple filtration. Le spectre d'absorption lumineuse du filtrat, déterminé au spectrophotomètre de Beckman, présente un dôme arrondi à maximum à 400$^{m\mu}$. La coloration obtenue en mélangeant une goutte de filtrat évaporé sous vide au réactif au $SbCl_3$ est bleu vert, avec maximum d'absorption à 715$^{m\mu}$. Ces données spectrales caractérisent le rétinène$_2$ (5) et (6). Celui-ci est extrait de la solution précédente après lavage à l'eau et dessiccation sur SO_4Na_2 anhydre. La chromatographie sur alumine retient à la partie supérieure environ 10% d'une substance absorbant à 360$^{m\mu}$, sans déplacement spectral lorsqu'on change de solvant, dont la réaction au $SbCl_3$ présente un maximum à 680$^{m\mu}$. Par analogie avec nos observations précédentes (1), nous pensons qu'il s'agit là de l'hydrate de rétinène$_2$. Quant au rétinène$_2$ ainsi purifié, il est bien réduit en vitamine A_2 au moyen de l'hydrure de lithium et d'alu-

(1) P. Meunier J. Jouanneteau et G. Zwingelstein, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1170.
(2) *Helv. Chim. Acta*, 24, 1941, p. 161.
(3) *Ber. Deut. Chem. Ges.*, 65, 1932, p. 1880.
(4) *Amer. Chem. Soc.*, 65, 1943, 1940.
(5) G. Wald, *J. Gen. Physiol.*, 22, 1938-1939, p. 775.
(6) S. Ball, T. W. Goodwin et R. A. Morton, *Biochem. J.*, 42, 1948, p. 516-523.

minium (absorption lumineuse à $352^{m\mu}$ dans l'alcool et $690^{m\mu}$ dans $SbCl_3$) ([7]). Il précipite avec la dinitro-2.4-phényl-hydrazine; l'hydrazone cristalline présente un spectre d'absorption dans $CHCl_3$ à deux maxima, le premier plus faible à $375^{m\mu}$ et le second à $440^{m\mu}$. Par analogie avec le spectre d'absorption de la dinitro-2.4-phényl-hydrazone du rétinène, et l'interprétation qu'en ont donnée Morton et coll. ([6]), nous pensons que ces deux maxima correspondent aux structures suivantes :



[$375^{m\mu}$ et non 360 comme avec le rétinène$_1$ ([6])].



[$440^{m\mu}$ comme avec le rétinène$_1$ ([6])].

On voit que dans la première de ces structures la double liaison isolée du lycopène originel peut exercer une hyperconjugaison qui effectivement se manifeste sur la position spectrale de l'absorption lumineuse correspondante [*cf.* ([8])]. La combinaison du rétinène$_2$ avec l'aniline dans les conditions indiquées par R. A. Morton et coll. ([9]) pour l'obtention d'un *analogue de la rhodopsine* nous a fourni un *analogue de la porphyropsine* avec maximum d'absorption à $530^{m\mu}$.

Alors que le lycopène est sans action sur le Rat carencé en A, 6^{γ} par jour du produit de coupure précédent donne une croissance analogue à celle de $2^{\gamma},5$ de vitamine A naturelle par jour (augmentation de poids : 20 à 29^{g} en 25 jours). Cet effet de croissance apparaît ainsi égal à celui de la vitamine A_2 naturelle cristallisée ([10]). Avec ces observations disparaît l'indécision qui régnait encore sur la structure de la vitamine A_2 connue seulement par les extraits de foie de poissons d'eau douce : la vitamine A_2 est bien l'alcool primaire à chaîne

---

([7]) C. Rosenblum, N. L. Wendler et M. Tishler, *Am. Chem. Soc.*, **72**, 1950, p. 234.

([8]) P. Meunier et Mlle A. Vinet, *Chromatographie et Mésomérie*, 1 vol., 1947, 126 pages, p. 84, Paris.

([9]) *Biochem. J.*, **45**, 1949, p. 304-307.

([10]) E. M. Shantz et H. Brinkman, *J. biol. Chem.*, **183**, 1950, p. 467.

ouverte dérivé du lycopène, comme l'avait indiqué P. Karrer [2]. On peut se demander si des espèces animales autres que le Rat ne sont pas aptes à couper *in vivo* le lycopène en rétinène 2, comme le fait MnO_2 *in vitro*.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Rôle d'un pigment ptérinique, la fluorescyanine, dans la mélanogénèse.* Note de MM. **Michel Polonovski**, **René-Guy Busnel** et **Alexandre Baril**, présentée par M. Maurice Javillier.

La répartition cytologique des pigments ptéridiniques et flaviniques, si souvent intriquée, notamment dans le mélanocyte des Vertébrés inférieurs [1] et de certains Crustacés [2], nous avait suggéré dès le début de ces recherches [3], l'hypothèse du rôle possible de ces facteurs dans la mélanogénèse. L'action physiologique des ptérines, du type de la fluorescyanine, comme celle de la riboflavine, ne peut guère se concevoir, au cours de la mélanogénèse, en dehors de l'intervention de telles substances dans les phénomènes d'oxydo-réduction, et nous avions d'ailleurs mis en évidence, dès nos premières études sur la fluorescyanine, la plus grande intensité respiratoire dans les parties de l'écaille des Cyprinidés où elle était localisée. C'est ce mécanisme biochimique que nous avons cherché à préciser.

On admet classiquement que la formation de mélanines dérive d'une succession de processus enzymatiques oxydatifs partant de la phénylalanine et passant par la tyrosine, la dihydroxyphénylalanine (*dopa*), le dopa-chrome ou l'adrénochrome, et d'autres stades mal définis. Il était indiqué d'essayer de situer l'action de la fluorescyanine dans cette chaîne de réactions.

Nous avons d'abord constaté que la fluorescyanine accélère la formation d'hallachrome à la lumière. Si l'on examine à l'électrophotomètre, en fonction du temps, une solution de *dopa* additionnée ou non de fluorescyanine, on voit que le tracé de la densité optique du témoin est une droite située constamment en-dessous de la courbe correspondant à la solution contenant de la fluorescyanine et que cette dernière courbe peut être considérée comme constituée par deux droites à angle obtus, la première due à la formation du seul hallachrome jusqu'à la 220ᵉ minute, la seconde plus ascendante traduisant une opacification rapide lors de l'apparition des étapes ultérieures de l'oxydation. La quantité de dopa catabolisée est différente dans les deux cas : elle est augmentée au contact de la ptérine.

Nous retrouvons un phénomène analogue en comparant l'oxydation à 25°, à pH 7, d'une solution d'adrénaline, avec ou sans addition de fluorescyanine,

---

(1) M. Polonovski et R.-G. Busnel, *Exposés annuels de Biochimie médicale*, 6ᵉ série, 1946.

(2) M. Polonovski, *Exposés annuels de Biochimie médicale*, 11ᵉ série, 1950.

(3) R.-G. Busnel, *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 162.

à savoir : l'apparition plus rapide de la coloration rose de la solution en présence de la ptérine (à l'obscurité la coloration apparaît au bout d'une heure, alors que le tube témoin reste incolore; exposée à une irradiation U. V., elle apparaît en 14 minutes, contre 32 minutes pour le témoin).

Notons encore que la fluorescyanine, après irradiation de 5 minutes en U. V., décolore instantanément dans le vide une solution de bleu de méthylène, alors qu'elle n'agit plus si elle est restée 10 minutes à l'obscurité, après avoir été irradiée.

Mais tout autre se manifeste l'action de la fluorescyanine en présence d'enzymes d'oxydation. Nos essais ont porté sur la mélanogénèse *in vitro* sous l'action de la tyrosinase de pomme de terre, à partir de la *dopa* (5^{mg}), à pH 7. Les solutions témoins révèlent, au bout de 15 minutes, une coloration rouge plus importante que celle des solutions additionnées de 1^{mg} de fluorescyanine; dans ces dernières, au bout d'une heure environ, on observe la disparition totale du pigment rouge intermédiaire et la formation consécutive de pigments brun-noir mélaniques qui se déposent. Douze heures après, on recueille les précipités mélaniques dont le poids est très supérieur à celui obtenu dans le tube témoin, qui, en revanche, conserve une teinte rouge de sa solution; d'autre part, la mélanine formée en présence de fluorescyanine se compose de grains réguliers plus fins et plus denses que celle du témoin.

En complétant ces essais par l'étude manométrique, selon Warburg, de l'oxygène consommé en fonction de la *dopa* catabolisée et du CO_2 dégagé, à partir de quantités égales de *dopa* additionnées ou non de fluorescyanine, nous avons établi que la présence de fluorescyanine entraîne une absorption moindre d'oxygène et, un moindre dégagement de CO_2 tout en provoquant la formation d'une plus grande formation de mélanine aux dépens d'une moindre quantité de *dopa* (tableau).

	Absorption d'O_2.			Dégagement de CO_2.			Dopa restante après 2 h 30 (mg).	Poids des Mélanines obtenues (mg).
	30 min.	1 h 30.	2 h 30.	30 min.	1 h 30.	2 h 30.		
Dopa + tyrosinase....	36	70,5	99	19	40	62	0,15	0,032
Dopa + tyrosinase + fluorescyanine...	36	60	76	20	38	49	1,40	1,390

La fluorescyanine se comporte donc de façons diverses au cours des différentes étapes, accélérant surtout la transformation finale des produits rouges en *mélanines*, alors qu'elle retarde manifestement l'oxydation initiale de la dihydroxyphénylalanine. Mais, quoi qu'il en soit, l'intervention de la ptérine naturelle dans la mélanogénèse, *in vitro*, permet de relier l'observation cytologique de la polychromie du mélanocyte avec le mécanisme biochimique de certains processus de la pigmentation.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Participation des acides acétique et butyrique à la lipogénèse chez la Vache laitière.* Note de M. ZELMEN ZELTER, présentée par M. Maurice Javillier.

La thèse de l'origine strictement lipidique de la matière grasse du lait de Vache est défendue par Hilditch et Jasperson (1). Par contre la participation des glucides à l'élaboration des lipides du lait, par l'intermédiaire des acides gras volatils provenant de leur dégradation dans la panse et immédiatement absorbés par le sang (2) est supposée par d'autres auteurs (3). Une récente recherche *in vitro* de Folley et French (4) prouve que la glande mammaire de ruminant utiliserait l'acétate à des fins de lipogénèse, mais non le glucose. Ceci pose un important problème de nutrition, à la fois théorique et pratique, et nous a incité à rechercher si l'ingestion d'acides acétique et butyrique contenus dans les ensilages est susceptible de stimuler la fonction lipogénétique de la mamelle.

Nous avons soumis des groupes comparables de vaches en pleine activité mammaire à une alimentation équilibrée selon les règles de la nutrition animale. Lors d'une période de préexpérience, tous les groupes ont reçu un régime-témoin ne contenant que des traces d'acides gras volatils et comportant des céréales, des tourteaux, du foin et des betteraves. Ce régime a continué à être distribué, sans modification, pendant les diverses périodes expérimentales, à un groupe de bêtes servant de témoin. Durant ces mêmes périodes, les acides acétique et butyrique ont été administrés *per os* à un autre groupe d'animaux, sous forme d'ensilage mixte de pulpe et de vert de betteraves, naturellement riche en ces substances, par substitution aux betteraves du régime témoin. Pour un troisième groupe de vaches ces acides ont été incorporés au régime-témoin sous forme de sels de calcium. La détermination quantitative, individuelle, des aliments ingérés, de la sécrétion lactée et de sa teneur en graisse dosée par la méthode de Gerber, a été quotidienne.

Le tableau traduit l'amplitude des variations provoquées dans l'activité mammaire par l'absorption des acides gras volatils. Les données recueillies font ressortir que toutes les fois qu'on introduit dans un régime constant par ailleurs, les acides acétique et butyrique, on observe un accroissement sensible du taux lipidique du lait et un maintien de la sécrétion mammaire elle-même à un niveau plus élevé. Les différences atteignent +12 à 18 % en faveur des

---

(1) *Bioch, J.*, 37, 1943, p. 238.
(2) BARCROFT, Mc ANNALLY et PHILIPSON, *J. Exp. Biol.*, 20, 1944, p. 132.
(3) SHAW, POWEL et KNODT, *Dairy-Sci.*, 25, 1942, p. 909; KAUFMANN et SHAW, *Dairy-Sci.*, 28, 1945, p. 467.
(4) *Bioch. J.*, 3, 1948, p. 43 LV; *Proc. Bioch. J.*, 44, 1949, p. 14.

régimes contenant des acides acétique et butyrique. Les ensilages semblent de ce fait constituer un régime particulièrement favorable à l'activité physiologique de la mamelle.

Essai I (hiver 1949) avec deux groupes de 7 sujets.

	Période expérimentale.			
	1. (Durée 28 jours).		2. (Durée 24 jours). (Inversion des régimes).	
Groupes	B (témoin).	A.	A (témoin).	B.
Régimes	Betteraves.	Ensilage substit. aux betteraves.	Betteraves.	Ensilage substit. aux betteraves.
Lipides digestibles dans le régime quotidien (%)	2,40	2,51	1,64	1,90
Acide acétique (g)	traces	499	traces	462
» butyrique (g)	traces	351	traces	335
	Écarts (%) entre la période expérimentale			
	1 et la pér. préexpérimentale.		2 et la pér. expérimentale 1.	
Sécrétion lactée	−12,0	−1,2	− 9,3	− 3,2
Richesse lipidique	− 0,5	+8,1	− 2,6	+10,3
Matières grasses totales	−12,4	+9,7	−13,3	+ 6,5

Essai II (hiver 1950) avec trois groupes de 4 sujets.

	Période expérimentale (durée 42 jours).		
Groupes	D (témoin).	C.	E.
Régimes	Betteraves.	Betteraves + acétate et butyrate de Ca.	Ensilage substit. aux betteraves.
Lipides digestibles dans le régime quotidien (%)	2,65	2,56	2,80
Acide acétique (g)	traces	174	407
» butyrique (g)	traces	153	321
	Écarts (%) entre la période expérimentale et la période préexpérimentale.		
Sécrétion lactée	−21,2	−9,4	−7,3
Richesse lipidique	− 2,3	+0,7	+5,2
Matières grasses totales	−21,5	−9,2	−2,0

L'acétate et le butyrate de calcium produisent un effet analogue, leur légère infériorité par rapport à l'ensilage pouvant s'expliquer par les quan-

tités bien plus faibles d'acides gras volatils incorporées au régime comme tels. Nos expériences sont donc en faveur de l'hypothèse d'une participation des acides acétique et butyrique à la lipogénèse chez la Vache en lactation. L'acide acétique devrait-il cependant être considéré comme intervenant seul directement, dans la lipogenèse, conformément à la théorie de Rittenberg et Bloch (5)? Une recherche en cours l'élucidera.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des acides fumarique et maléique sur la croissance de certaines espèces bactériennes* (1). Note de M. **Jacques Nicolle** et Mlle **Yvonne Joyeux**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Au cours d'une étude sur l'action d'isomères *cis* et *trans* en biologie, et en raison des résultats contradictoires des publications dans le cas des acides fumarique et maléique, nous avons réalisé des expériences que nous présentons ici. En particulier l'acide maléique s'est montré capable d'empêcher la croissance de certaines bactéries.

Nous avons cultivé, dans notre milieu synthétique habituel (2), les espèces bactériennes suivantes :

Salmonella enteritidis Danitz, *Proteus vulgaris* X 19, *Escherichia coli* Monod, *Bacillus subtilis* Bromborough, *Klebsiella pneumoniæ* B, *Pseudomonas æruginosa* mélanogène, *Pseudomonas æruginosa* Bass, *Salmonella typhi* Gravée, *Salmonella typhi* Lister 901, *Salmonella paratyphi* A. Rivolley, *Salmonella paratyphi* B Jourdan, *Salmonella enteritidis* Gäertner, *Shigella dysenteriæ* 35, *Shigella flexneri* X, *Proteus morganii* I.

I. Source de carbone. — *a. Acide fumarique* (forme *trans*). — Comme source de carbone ce corps a été accepté par toutes les espèces envisagées, et dans la plupart des cas la croissance obtenue a été la même qu'avec les témoins glucose.

b. Acide maléique (forme *cis*). — A l'exception du *B. Klebsiella pneumoniæ B*, aucune des espèces n'a pu utiliser ce corps comme source de carbone.

II. Action antagoniste. — *a. Acide maléique.* — En raison de ce qui a été exposé au titre I*b*, nous nous sommes demandé si l'acide maléique ne possédait pas une action antagoniste et nous avons procédé ainsi : nous avons ensemencé avec une souche d'*Escherichia coli* Monod, une série de tubes contenant chacun 10^{cm^3} de notre milieu synthétique et 60^{mg} de glucose comme source de carbone, puis nous avons ajouté des doses croissantes d'acide maléique

---

(5) *J. Biol. Chem.*, 160, 1945, p. 417.

(1) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(2) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Tréfouël, *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1941, p. 177.

variant de 4 à 80^{mg} par tube. Nous avons remarqué que si à partir de 30^{mg} on observe un ralentissement de la croissance, pour 45^{mg} elle est complètement inhibée.

Des résultats similaires ont été obtenus avec la souche *Salmonella enteritidis* Danitz.

Des expériences plus précises (réalisées avec l'appareil de Colmann) nous ont permis de confirmer ces premiers résultats. Nous donnons ci-dessous les courbes $\Delta = f(T)$ des densités optiques en fonction du temps (*fig.* 1). Nous présentons (*fig.* 2) également une courbe relative à la même expé-

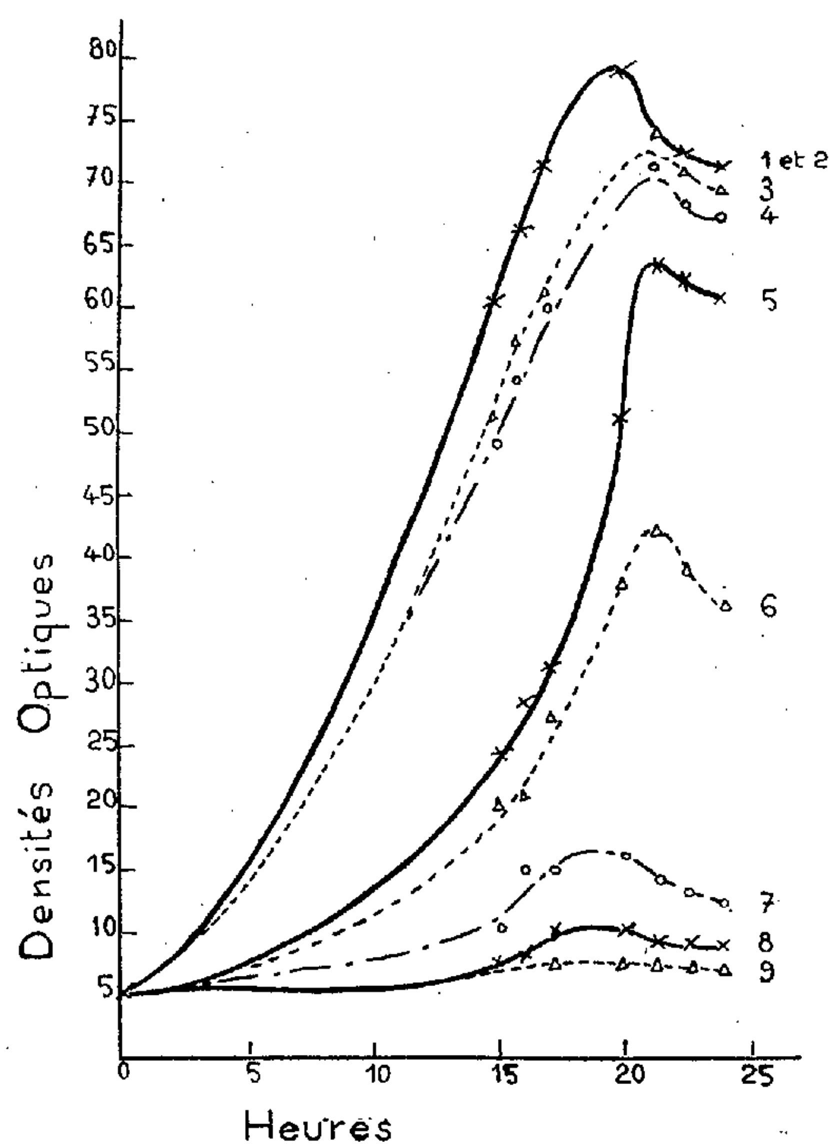


Fig. 1.

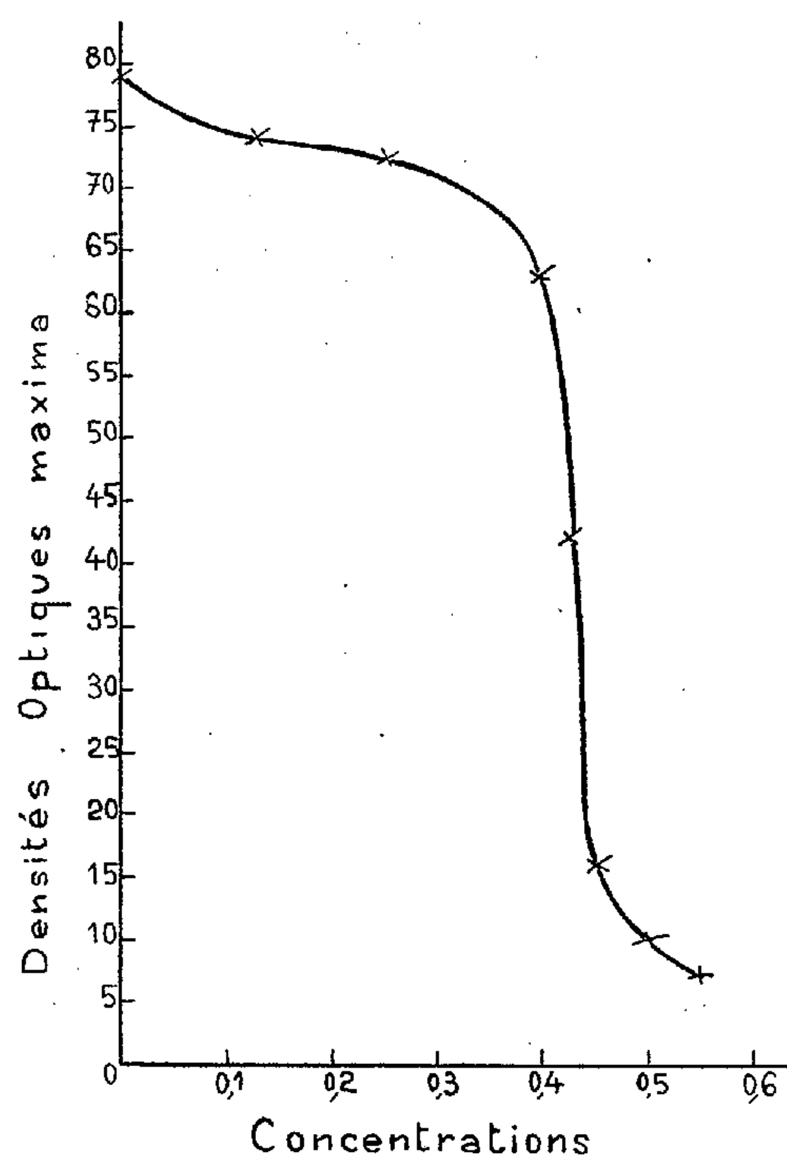


Fig. 2.

Fig. 1.

Courbes 1 et 2. Témoin glucose 60^{mg} dans 20 cm³ de milieu synthétique.

Courbe 3 comme pour les courbes 1 et 2 plus			25^{mg} d'acide maléique.	
Courbe 4	»	»	50^{mg}	»
Courbe 5	»	»	80^{mg}	»
Courbe 6	»	»	85^{mg}	»
Courbe 7	»	»	90^{mg}	»
Courbe 8	»	»	100^{mg}	»
Courbe 9	»	»	110^{mg}	»

rience $\Delta = f(c)$ qui représente pour chaque concentration le maximum de densité de la courbe de croissance pris sur la figure 1. Nous remarquons que la courbe des maxima présente une tangente horizontale au point où le glucose et l'acide maléique sont en même proportion moléculaire.

b. Acide fumarique. — Comme contre-épreuve nous avons repris les expériences du titre II*a*, avec l'acide fumarique au lieu de l'acide maléique, nous avons alors obtenu une croissance aussi rapide que dans le cas du glucose.

Conclusion. — Dans le cas général c'est l'acide naturel (*trans*) ou acide fumarique qui est accepté par les espèces étudiées comme source de carbone. L'acide non naturel (*cis*) ou acide maléique non seulement n'est pas utilisable par l'ensemble des espèces mais possède une action empêchante.

Nous étudions en ce moment l'action de ces deux acides agissant l'un sur l'autre.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur les composés aminés non saturés. III. Relation entre la structure et les propriétés pharmacologiques de certains alcools acétyléniques, éthyléniques et saturés de la série de la choline.* Note de MM. **Israël Marszak, Roland Epsztein** et **Joseph Jacob**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans des Notes précédentes (1) nous avons décrit la synthèse et les propriétés pharmacologiques de divers esters acétyléniques, éthyléniques et saturés de la série de l'acétylcholine. Il y est apparu que l'introduction d'un groupement —CH=CH—, ou mieux encore, —C≡C— dans la chaîne hydrocarbonée, en position α par rapport au carbone portant la fonction ammonium quaternaire, provoque des modifications très nettes du comportement de ces esters.

Dans les conditions expérimentales mises en œuvre, ces variations d'activité peuvent, *a priori*, relever soit directement du changement de structure des molécules elles-mêmes, soit de l'influence de ce changement sur leur vitesse de saponification. En conséquence, il était indiqué d'éliminer le second de ces facteurs en étudiant le comportement des alcools dont dérivent les esters décrits.

Nous avons donc étudié les composés : iodure de triméthylammonium-1-butanol-4 (I), -pentanol-4 (II), -pentanol-5 (III), -butène-2-ol-4 (IV), -penténe-2-ol-4 (V), -pentène-2-ol-5 (VI), -butine-2-ol-4 (VII), -pentine-2-ol-4 (VIII), -pentine-2-ol-5 (IX), ainsi que l'iodure de choline lui-même (X).

Les composés I (2), III (3) et X ont déjà été décrits dans les publications.

Les autres produits ont été préparés par les méthodes suivantes dont le détail sera exposé ailleurs : VII (F 127°) et VIII (F 125°), par iodométhylation des aminoalcools correspondants obtenus par saponification de leurs esters benzoïques, eux-mêmes préparés par réaction de Mannich. IX (F 119°), de

(1) Marszak, Marszak-Fleury, Jacob et Montezin, *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 80 et 186.
(2) Luckes et Prencil, *C. A.*, **33**, 1939, p. 984.
(3) J. V. Braun, *Ber.*, **49**, 1916, p. 966.

façon analogue, mais l'aminoalcool a été ici, obtenu directement par réaction de Mannich; IV(F 98°), V(F 134°) et VI(F 78°), par iodométhylation des aminoalcools éthyléniques provenant de la semi-hydrogénation des composés acétyléniques; II(F 123°), par iodométhylation de l'aminoalcool saturé résultant de l'hydrogénation complète du composé acétylénique.

Les résultats des essais pharmacologiques sont résumés dans le tableau ci-dessous.

		Activité	
		muscarinique (*) (block cardiaque chez le chien).	nicotinique (*) (hypertension chez le chien atropinisé).
I.	$HOCH_2.CH_2.CH_2.CH_2N(CH_3)_3I$	0,025–0,075	$\leqq$ 1
II.	$HOCH(CH_3).CH_2.CH_2.CH_2.N(CH_3)_3I$.	0,025–0,1	3–5
III.	$HOCH_2.CH_2.CH_2.CH_2.CH_2.N(CH_3)_3I$.	0,025–0,1	1–2
IV.	$HOCH_2.CH{=}CH.CH_2.N(CH_3)_3I$	0,01 –0,05	0,5
V.	$HOCH(CH_3).CH{=}CH.CH_2.N(CH_3)_3I$.	0,025–0,1	1,5–2
VI.	$HOCH_2.CH_2.CH{=}CH.CH_2.N(CH_3)_3I$.	0,025–0,1	$\leqq$ 1
VII.	$HO.CH_2.C{\equiv}C.CH_2.N(CH_3)_3I$	$\leqq$ 0,5	0,5–1
VIII.	$HO.CH(CH_3).C{\equiv}C.CH_2.N(CH_3)_3I$	0,5–2	2–3
IX.	$HO.CH_2.CH_2.C{\equiv}C.CH_2.N(CH_3)_3I$	$\leqq$ 1	1–1,5
X.	$HOCH_2.CH_2N(CH_3)_3I$	0,005	0,1

(*) Ces activités sont exprimées par rapport à celle de l'acétylcholine (= 1) prise comme témoin dans chaque expérience.

Il convient d'observer que ce Tableau ne traduit qu'imparfaitement les caractéristiques des alcools étudiés : ceux-ci diffèrent encore de l'acétylcholine sous divers aspects (longue durée d'action, allure de l'hypertension, etc.). Cette réserve, d'intérêt surtout pharmacologique, n'infirme en rien les conclusions suivantes :

a. L'introduction du groupement $CH_2 - CH_2$ dans la chaîne hydrocarbonée de la choline (X), de la β-méthylcholine ([4]), ([5]) et de la γ-homocholine ([4]) ([5]) qui conduit aux alcools saturés (I), (II) et (III) a pour résultat une intensification des activités muscariniques et nicotiniques de la molécule : ceci confirme et étend les observations antérieures de Braun ([3]).

b. Si la chaîne est allongée par un groupement $-CH = CH-$, les composés obtenus (IV), (V) et (VI) montrent des activités muscariniques voisines de celles des homologues saturés (I), (II), (III), mais des propriétés nicotiniques moins intenses.

([4]) J. Hunt, *J. Pharmacol.*, 6, 1914, p. 477.
([5]) A. Simonart, *J. Pharmacol.*, 46, 1932, p. 157.

c. Enfin les dérivés acétyléniques (VII), (VIII, (IX) sont doués d'activités muscariniques très intenses ; leurs activités nicotiniques sont inférieures à celles des homologues saturés, mais supérieures à celles des homologues éthyléniques.

L'étude de ces alcools conduit donc à une représentation assez homogène des influences des groupements éthyléniques et surtout acétyléniques, introduits en position α par rapport au carbone portant la fonction ammonium quaternaire. Le rôle du groupement $C \equiv C$ nous paraît digne d'être souligné : en effet, l'iodure de triméthyl ammonium-1 pentine-2-ol-4 est, à notre connaissance, le premier alcool à fonction ammonium quaternaire doué d'une activité muscarinique aussi intense que celle de l'acétylcholine elle-même et du 2249 F [6] : c'est là un fait susceptible d'apporter des éléments nouveaux à l'interprétation du mécanisme d'action de substances parasympathicomimétiques.

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur l'adénylpyrophosphatase de divers Invertébrés marins*. Note [*] de MM. **Nguyen-van-Thoai** et **Paul Pin**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'activité adénylpyrophosphatasique des extraits musculaires des Vertébrés est liée à la myosine. Il a été possible de séparer de celle-ci des produits hydrolysant le substrat plus énergiquement que la protéine cristallisée, mais les caractères de l'adénylpyrophosphatase ne sont pas identiques selon qu'elle est ou non fixée à la myosine (pH optimum 9,0 au lieu de 7,5, sensibilité différente aux ions Ca^{++}, Mg^{++}, Mn^{++}) [1], [2]. Aussi s'est-on demandé si le muscle ne renferme pas plusieurs adénylpyrophosphatases. L'existence de deux pH optima a été signalée dans l'action de la myosine de Lapin [3] et dans celle de l'extrait de muscle d'*Helix pomatia* [4], respectivement pH 9,0 et 6,3 et pH 9,0 et 6,8-7,5. Il est probable que la combinaison à la myosine de l'adénylpyrophosphatase modifie ses caractères, mais aussi qu'il existe, comme pour d'autres phosphatases, plusieurs adénylpyrophosphatases isodynames, différant par leur pH optimum et, éventuellement leurs effecteurs. Cette Note expose des recherches sur le muscle d'Invertébrés marins, un Echinoderme : *Labidoplax digitata* (Montagu); des Mollusques : *Aplysia depilans* (L.), *Cardium edule* (L.), *Pecten maximus* (L.), *Sepia officinalis* (L.); un Ver : *Sipunculus nudus* (L.).

---

(6) E. Fourneau, D. Bovet et G. Montezin, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **26**, 1944, p. 516.

(*) Séance du 6 décembre 1950.

(1) W. W. Kielley et O. Meyerhof, *J. biol. Chem.*, **176**, 1948, p. 591.

(2) Nguyen-van-Thoai, J. Roche et L. de Bernard, *Bull. Chim. biol.*, 1950 (sous presse).

(3) V. A. Engelhardt et M. M. Lyubimova, *Biokhimiya*, **7**, 1942, p. 205.

(4) M. Cafiero, *Boll. Soc. ital. Biol. sperim.*, **24**, 1950, p. 158.

Les muscles prélevés sur des animaux récoltés en baie de Concarneau, ont été broyés en présence de 5^{vol} de KCl 0,5 M glacé et extraits 15 minutes à 0° par celui-ci. La solution, séparée par centrifugation, a été utilisée comme source d'adénylpyrophosphatases, soit immédiatement (étude de l'activité enzymatique à divers pH), soit après 3 heures de dialyse à 4° contre eau bidistillée (étude de l'action des effecteurs). L'hydrolyse enzymatique a été opérée à 38° pendant 5 minutes dans des milieux de composition suivante : $0^{ml},5$ extrait musculaire $0^{ml},3$ solution d'adénylpyrophosphate de sodium renfermant 315γ P labile, $0^{ml},2$ eau ou solution d'effecteur et 1^{ml} solutions tampons (au phtalate acide de potassium ou au véronal) de pH compris entre 5,0 et 8,4; elle a été arrêtée par addition de 2^{ml} de solution à 10 % d'acide trichloracétique et le phosphate minéral a été dosé par la méthode de BriggsRobison. Les résultats sont rassemblés dans le tableau I.

TABLEAU I.

Activités adénylpyrophosphatasiques en fonction du pH
(résultats exprimés en microgrammes P minéral libérés).

pH.	*Aplysia depilans.*	*Pecten maximus.*	*Cardium edule.*			*Sepia officinalis.*			*Sipunculus nudus.*		*Labidoplax digitata.*
5....	42	4	4	18	–	76	136	86	15	5	38
5,8..	**106**	52	**44**	48	46	**216**	**162**	120	55	**65**	**44**
6,6..	16	44	16	**70**	**96**	44	144	**136**	21	47	33
7....	20	38	12	52	80	6	128	76	1	41	6
7,6..	50	38	108	74	70	**256**	128	**98**	20	21	30
8,4..	40	22	**116**	**88**	66	216	102	74	**21**	17	**34**

Un certain nombre des préparations présente deux pH optima : 5,8-6,6 et 7,6-8,4. En général, contrairement à ce que l'on observe dans les extraits musculaires de Vertébrés, l'activité adénylpyrophosphatasique est notablement plus forte à pH 6,0 qu'à 8,0; dans quelques cas, on a noté l'existence d'un seul pH optimum (5). Deux adénylpyrophosphatases sont donc présentes en proportions diverses dans les muscles d'Invertébrés, en général plus riches en enzyme actif en milieu faiblement acide. Cette adénylpyrophosphatase n'ayant pas été systématiquement étudiée jusqu'ici, nous avons précisé son comportement vis-à-vis de divers cations divalents (tableau II).

Dans l'ensemble, malgré des écarts d'une préparation à l'autre, les trois cations sont activants à des degrés divers.

Conclusions. — Le muscle de divers Invertébrés marins renferme deux adénylpyrophosphatases ; l'une, active en milieu faiblement acide (pH optimum 5,8-6,4) est en général plus abondante que l'autre (pH 7,6-8,4). L'existence de plusieurs adénylpyrophosphatases isodynames mérite d'être rapprochée de celle des phosphomonoestérases, dont les unes, de pH optimum 9,0-9,1, sont plus abondantes dans de multiples tissus animaux et les autres, de pH

(5) La dialyse fait parfois disparaître le pH optimum voisin de 8,0, mais non celui de 5,8-6.6; elle diminue en général l'activité enzymatique aux pH supérieurs à 7,0.

optimum 5,0-5,6, chez les végétaux. Néanmoins, contrairement à ce qui a lieu pour les phosphomonoestérases, les deux adénylpyrophosphatases sont également activables par les divers cations divalents après une brève dialyse, ce qui traduit probablement des différences dans la nature de ces deux types de phosphatases.

TABLEAU II.

Action des ions Ca^{++}, Mg, Mn^{++}
(résultats exprimés en microgrammes P minéral libérés).

		Nature et concentration de l'effecteur.					
		$(CH_3COO)_2Mg$.		Cl_2Ca.		Cl_2Mn.	
Préparations.	Néant.	5.10^{-4}M.	1.10^{-3}M.	5.10^{-4}M.	1.10^{-3}M.	5.10^{-4}M.	1.10^{-3}M.
Sepia officinalis (pH = 6,7)....	100	148	168	124	124	142	128
Cardium edule (pH = 6,7)....	40	40	40	60	60	60	100
Sipunculus nudus (pH = 5,8)....	70	74	74	74	76	100	114

BIOCHIMIE COMPARÉE. — *Sur l'existence de deux types de scléroprotéines iodées (antipathines et gorgonines) chez les Coralliaires.* Note de M. **JEAN ROCHE** et Mme **MARCELLE EYSSERIC-LAFON**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le squelette corné de nombreux Gorgonaires renferme des scléroprotéines iodées (et, accessoirement, bromées) que l'on désigne sous le nom de gorgonines (1). Nous avons établi que la protéine halogénée de l'axe corné d'un Antipathaire, *Cirripathos spiralis* Blainv., présente une composition très différente de celle des premières (2). Il convenait dès lors de déterminer la teneur en acides aminés de scléroprotéines provenant de divers Antipathaires afin de préciser, d'une part, si elle traduit leur spécificité d'origine et, d'autre part, dans quelle mesure ces protéines se distinguent des gorgonines.

On trouvera dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus, à l'aide des mêmes méthodes que dans notre travail antérieur, sur quatre scléroprotéines iodées d'Antipathaires (*Antipathes myriophylla* Dana, *Antipathes subpinnata* Ellis

(1) R. J. BLOCK et D. BOLLING, *J. biol. Chem.*, 127, 1939, p. 685; J. ROCHE et M. LAFON, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 31, 1949, p. 147.

(2) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 146.

(3) M. G. Ranson (Malacologie, Muséum d'Histoire naturelle Paris) a mis à notre disposition les fragments d'axe corné d'Antipathaires et de Gorgonaires ayant fait l'objet de nos recherches.

et Solander, *Cirripathes anguina* Dana et *Cirripathes spiralis* Blainv. ([3]). Nous leur avons adjoint, à titre d'élément de comparaison, des données sur la gorgonine d'*Eunicella verrucosa* Pallas (variété *typica*).

*Composition de la gorgonine d'*Eunicella verrucosa *Pallas (variété typica) et des antipathines d'*Antipathes myriophylla *Pallas, d'*Antipathes subpinnata *Ellis et Solander, de* Cirripathes anguina *Dana et de* Cirripathes spiralis *Blainv.*

Halogène et acides aminés dosés.	Gorgonine d'*Eunicella verrucosa*.	Antipathine de *Antipathes myriophilla*.	Antipathine de *Antipathes subpinnata*.	Antipathine de *Cirripathes anguina*.	Antipathine de *Cirripathes spiralis*.
Iode total	6,8	2,2	1,3	2,9	4,1
Monoiodotyrosine	9,2	traces	traces	traces	7,1
Diiodotyrosine	5,0	1,4	0,9	2,1	2,3
Arginine	8,5	3,0	3,0	3,3	3,3
Histidine	2,2	12,4	15,0	15,3	17,6
Lysine	6,3	12,7	10,9	6,8	6,6
Cystine	3,0	2,4	2,5	1,5	1,7
Glycocolle	18,0	14,6	13,9	16,4	12,4
Sérine	2,2	3,5	4,3	2,5	2,3
Tyrosine	4,9	4,4	3,6	5,8	6,7
Tryptophane	0	0,6	0,7	1,1	1,6

Les quatre scléroprotéines d'Antipathaires étudiées présentent une teneur en histidine plus élevée que celle de toutes les protéines analysées jusqu'ici, en particulier des autres protéines fibreuses. Parmi celles-ci, les kératines et les pseudokératines renferment en général moins de 1 % d'histidine et les gorgonines 3 % au plus. Ces dernières, que nous avons étudiées dans plus de vingt espèces animales, sont, par ailleurs, presque toujours sensiblement plus riches en arginine. Aussi, bien que des écarts aient été enregistrés entre les teneurs en lysine des scléroprotéines d'*Antipathes* et de *Cirripathes*, leur exceptionnelle richesse en histidine et leur pauvreté en arginine nous paraissent constituer des caractères communs qui les différencient des gorgonines. La répartition de ces deux types de protéine fibreuse dans le squelette corné d'Anthozoaires de groupes divers est une manifestation de leur spécificité biologique. Sa mise en évidence apporte une contribution à la biochimie comparée des Coralliaires, comme à la chimie des protéines.

Conclusions. — Les scléroprotéines iodées du squelette corné des Antipathaires et des Gorgonaires répondent à deux types de composition nettement distincts, qui justifient leur classification en antipathines et gorgonines. La teneur en histidine des premières est exceptionnellement élevée (de 12,4 à 17,3 % au lieu de 0,8 à 3,3 %), d'un ordre de grandeur supérieur à ceux propres à toutes les autres protéines analysées jusqu'ici. L'existence de l'un ou l'autre type de scléroprotéine dans l'organe de soutien des Antipathaires ou des Gorgonaires constitue un caractère biochimique du groupe d'Anthozoaires dans lequel on le rencontre.

BACTÉRIOLOGIE. — *Rôle des bactéries sulfato-réductrices dans l'altération biologique des pierres des monuments.* Note de M. **Jacques Pochon** et Mlle **Odette Coppier**, présentée par M. Joseph Magrou.

Les fondations des murs sont le siège d'une intense réduction des sulfates, provoquée par une grande abondance de *Sporovibrio*. Les composés soufrés réduits montent avec l'eau de capillarité dans le mur et, au niveau du parement, sont oxydés, par les Thiobacilles, avec formation de sulfates. Ainsi peuvent être expliqués certains types d'altération des pierres.

Nous avons antérieurement montré que certains types d'altération des pierres des façades, sur des monuments, pouvaient être rapportés à des phénomènes microbiens ([1]). Il est en effet possible de mettre en évidence, au niveau de ces lésions, une flore bactérienne (type *Thiobacillus*) capable d'oxyder certains composés réduits du soufre (sulfures et hyposulfites) avec formation de sulfates. Sur des pierres saines nous avons pu reproduire cette formation de sulfates en les contaminant avec la flore d'une pierre attaquée, dans un milieu contenant des traces de SH_2 ([2]). Or le type de lésions envisagé est justement caractérisé par la transformation de la majeure partie du CO_3Ca de la pierre en SO_4Ca.

Il restait à trouver l'origine, *in situ*, de l'ion sulfure. Certaines variétés de calcaire contiennent des particules de sulfure de fer (Bourcart) ([3]), mais en quantité insuffisante pour expliquer l'intensité du phénomène ; de plus, cette présence est inconstante. Il fallait donc mettre en évidence une source exogène de soufre réduit. L'atmosphère est toujours pauvre en SH_2.

On sait que les murs sont le siège d'une importante ascension d'humidité (phénomène de capillarité et d'évaporation en surface); par ailleurs le sol est riche en sulfates; on pouvait alors concevoir un stade de réduction de ces sulfates en sulfures et la pénétration de SH^- ou $S^=$ dans la pierre avec l'eau de capillarité. Nous avons pensé que cette réduction pouvait être imputée aux bactéries sulfato-réductrices du sol.

Pour vérifier cette hypothèse nous avons fait des prélèvements de terre à 1^m environ d'un mur et, comparativement, au contact direct des fondations, à $0^m,50$ de profondeur. Les échantillons ont été ensemencés en anaérobiose, dans le milieu de Starkey (lactate de sodium comme donateur d'hydrogène). L'ensemencement, pour chaque échantillon, d'une série de tubes avec des doses progressivement décroissantes de terre, nous a permis une évaluation de la teneur comparative en germes de ces échantillons.

L'expérience a montré que les *Sporovibrio* sont beaucoup plus nombreux et plus actifs au niveau des fondations qu'à distance du mur. Le fait a été vérifié

([1]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 695.
([2]) *Comptes rendus*, 226, 1949, p. 188; 228, 1949, p. 348.
([3]) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 290.

pour cinq murs différents. Les fondations sont donc le siège d'une réduction intense des sulfates.

Il nous semble alors que le cycle biologique complet puisse être ainsi schématisé :

Les sulfates du sol sont réduits en sulfures par les *Sporovibrio*, au niveau des fondations. Ces sulfures sont entraînés avec l'eau s'élevant par capillarité dans le mur et arrivent sur le revêtement de la façade (évaporation de surface); là, où les conditions sont favorables, ils sont oxydés par la flore du type *Thiobacillus*, antérieurement mise en évidence, et les sulfates apparaissent, caractéristiques de la dégradation. Ces processus ne sont pas seuls en cause, mais peuvent expliquer certains cas d'altération des pierres.

MICROBIOLOGIE. — *Induction de la lyse et de la production de bactériophages chez un* Pseudomonas pyocyanea *lysogène* (1). Note de M. **François Jacob**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On sait que l'on peut induire la production de bactériophages (φ) par les souches lysogènes de *B. megatherium* (*B. m.*) grâce à un choc inducteur (rayonnement U. V.) agissant sur des bactéries *aptes*, l'aptitude étant sous la dépendance de facteurs trophiques (2). Il était intéressant d'étudier la physiologie comparée de la lysogénie. Nos recherches ont porté sur *P. pyocyanea* (*P. p.*) dont on connaît de nombreuses souches lysogènes (3). Dans le filtrat de cultures en bouillon peptoné ou en milieu synthétique de la souche *Bass* de la collection de l'Institut Pasteur, on trouve une moyenne de 1 φ pour 1000 bactéries. Par étalement sur une souche sensible, ils donnent en 15 heures à 37° des plages de 1 à 2^{mm} de diamètre. Le détail des expériences sera exposé dans un Mémoire qui paraîtra aux *Annales de l'Institut Pasteur*. Les résultats obtenus sont les suivants :

1° Les bactéries lysogènes cultivées dans un milieu à base d'extrait de levure sont soumises en couche de 2^{mm} à une irradiation donnant pour la longueur d'onde 2537 Å, une énergie de 1000 ergs/mm^2. La culture est alors placée dans un agitateur à 37°. On observe une augmentation de la densité optique qui double en 60 minutes, puis 90 % des bactéries se lysent en 40 minutes, 9 % sont tuées et 1 % survit. La lyse s'accompagne d'une libération de φ correspondant à un φ en moyenne pour 2 à 3 bactéries.

2° Dans d'autres expériences, la culture a été diluée aussitôt après irradiation, puis distribuée en tubes contenant 1^{cm^3} de milieu nutritif, à raison de

---

(1) Travail effectué avec l'aide d'une subvention du *National Institute of Health* des États-Unis d'Amérique.

(2) A. Lwoff, L. Siminovitch et N. Kjeldgaard, *Ann. Inst. Pasteur*, 79, 1950, p. 815-858; *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 190.

(3) P. I. J. C. P. Warner, *Brit. J. exp. Path.*, 31, 1950, p. 112.

10 bactéries par tube. Le contenu de ceux-ci a été étalé sur la souche sensible 150 minutes plus tard, c'est-à-dire une fois la lyse terminée. 64 tubes n'ont pas présenté de plage; 8 en ont présenté 1; 2, 2; 5, 3; 4, 5; 2, 6; 2, 9; 3, 10; 2, 11; 1, 12; 2, 14; 1, 15; 3, 19; 1, 20; enfin une boîte présentait 39 plages. On voit que dans 64 tubes correspondant à 640 bactéries, il n'y a pas eu libération de bactériophages et que le nombre de φ libérés dans les autres tubes varie considérablement. Le calcul montre que 2 % seulement des bactéries libèrent des φ alors que 80 à 90 % se lysent.

3° Les cultures de *P.p.* en milieu synthétique (à base de sulfate d'ammonium et de glucose) soumises à une irradiation correspondant à 250 ergs/mm² pour 2537 Å se lysent de la même façon qu'en milieu levuré et le rendement en φ est le même.

4° Des bactéries irradiées à l'U. V. et exposées aussitôt à la lumière visible se développent comme les cultures non irradiées alors que la culture irradiée placée à l'obscurité se lyse. L'exposition à la lumière visible 30 minutes après le choc inducteur permet la guérison de 50 % seulement des bactéries.

5° Des bactéries soumises au jeûne glucidique après irradiation ne se lysent pas. Mais l'addition de glucose, même après 5 heures de jeûne, entraîne une reprise de la croissance pendant 20 à 30 minutes, puis la lyse.

6° Le jeûne glucidique diminue *l'aptitude* : une dose d'U. V. (250 ergs/mm²) suffisante pour déclencher la lyse du témoin est sans effet sur des germes ayant jeûné 3 heures. A ce moment, une dose de 375 ergs déclenche une lyse partielle. Cette dose devient elle-même sans effet après 5 heures de jeûne. On voit que l'aptitude, qui est, chez *P. p.* comme chez *B. m.*, la propriété de produire des φ après l'action d'un choc inducteur, peut présenter des degrés divers.

On peut utilement comparer le comportement de *P. p.* à celui des autres espèces lysogènes : *a.* la croissance résiduelle de *P. p.* après irradiation est semblable à celle observée chez *B. m.* lysogène ([2]) et chez un *Staphylococcus aureus* (*S. a.*) lysogène (observation inédite); *b.* de même que *B. m.* et *S. a.* non lysogènes, *P. p.* non lysogène ne se lyse pas après irradiation; *c.* l'aptitude de *P. p.* lysogène, comme celle de B. *m.*, dépend de facteurs trophiques; *d.* la lyse, comme chez *B. m.*, n'a lieu qu'en présence d'un aliment permettant la croissance; *e.* comme celle de *B. m.*, la souche sensible de *P. p.* infectée par des φ présente avant la lyse une phase de latence avec croissance résiduelle. La durée de cette phase de latence est la même que celle de la souche lysogène après induction. On est donc en droit de conclure que la lyse de *P. p.* qui suit le choc inducteur est bien due au développement du *probactériophage*. Mais 98 % des bactéries induites qui se lysent ne libèrent pas de φ. Deux hypothèses peuvent être envisagées : ou bien elles produiraient des φ pour lesquelles nous n'avons pas de souche sensible, ou bien le probactériophage n'arriverait pas à maturation. C'est ce qui se produit chez *E. coli* infecté par des φ et traité

par la proflavine : la lyse a lieu normalement, mais le dernier stade de la maturation des φ est bloqué ([4]).

Quoi qu'il en soit, l'irradiation U. V. d'une souche lysogène de *P. p.* induit la lyse bactérienne après une période de croissance résiduelle. 2 % des bactéries libèrent des φ, alors que dans la souche non irradiée le pourcentage des bactéries qui produisent des φ peut être évaluée à 0,02 % au maximum.

PATHOLOGIE DES INSECTES. — *Diversité des symptômes extérieurs dans une même maladie à ultravirus d'insectes.* Note de M. **Constantin Vago**, présentée par M. Émile Roubaud.

Chez les chenilles de *Bombyx mori*, atteintes de Polyédrie, l'affection peut prendre des aspects très divers, dont huit principaux sont relevés.

Les descriptions des viroses d'Insectes tendant toujours à donner les signes extérieurs les plus typiques de ces dernières, nous nous basons dans les recherches et dans le diagnostic sur un *aspect-type*.

Mais l'observation de quelques aberrations des symptômes externes typiques de ces affections, nous a fait penser à l'existence éventuelle d'aberrations dans les symptômes externes telles qu'elles donnent un aspect extérieur atypique pouvant entraîner des erreurs de diagnose considérables.

Afin de vérifier cette hypothèse, nous avons choisi une maladie à ultravirus d'insecte, la Polyédrie du *Bombyx mori* L., maladie ayant des signes histologiques bien caractéristiques et relativement faciles à différencier de ceux donnés par d'autres affections. Nous avons donc recherché dans un grand nombre de larves de *Bombyx mori* L., malades ou affaiblies, les éléments fondamentaux suivants, d'ordre histologique :

a. présence de corps polyédriques ayant la forme connue de ceux de la Polyédrie et montrant entre eux un même comportement vis-à-vis des colorants acidifiés et vis-à-vis de l'acide picrique ;

b. présence d'altérations typiques des noyaux dans les diverses cellules, surtout les cellules sanguines.

Durant les années 1949 et 1950, nous avons retrouvé ces éléments caractéristiques chez de nombreuses larves de *Bombyx mori* L., n'ayant pas toutes le même aspect extérieur. Huit types différents de cet aspect extérieur ont pu être établis comme il suit :

1° Gonflement du corps, fragilité de la peau, taches jaunes ou blanches sur la peau, mouvements vifs au début de la maladie, pas de diarrhée, pas de vomissements, pas de relâchement musculaire (symptômes de la Polyédrie typique du Ver à soie).

([4]) R. A. Foster, *J. Bact.*, 56, 1948, p. 795.

2° Couleur rougeâtre de la peau, gonflement, puis relâchement musculaire rapide, hémolymphe rouge avec présence de *Serratia marcescens* Bizio.

3° Vers à la montée : corps raccourci, téguments ratatinés tout en conservant leur diamètre, émission de soie, mais sans formation de cocon. Les vers meurent à l'état de semi-chrysalides ou se transforment en chrysalides nues (état *Ver court*).

4° Chenilles raidies au moment de la mue, couvertes partiellement ou totalement de l'ancienne peau, ce qui leur donne une couleur grisâtre sale (signes de difficultés de mue).

5° Chenilles immobilisées, pas de changement de couleur, partie postérieure du corps complètement raidie, accumulation du contenu intestinal dans cette région, pas de relâchement musculaire, vomissements fréquents, pas de diarrhée (symptômes ne pouvant être classés dans le cadre des maladies connues de *Bombyx mori* L.).

6° Chenilles de tous âges : corps aminci avec partie postérieure ratatinée, mobilité limitée, mort en quelques jours.

7° Vers immobiles ou presque immobiles, pas de changement de couleur, relâchement musculaire dans tout le corps, noircissement rapide (signes de Flacherie).

8° Chenilles jeunes : mort sans signe apparent, desséchement rapide.

Ces relevés démontrent d'abord que la *même affection à ultravirus* peut s'extérioriser sous des formes variées et souvent ressembler à d'autres manifestations pathologiques. Ensuite que ces diverses formes peuvent être en rapport avec la présence, soit d'un microbe de sortie (2°), d'une phase critique dans le développement de l'insecte (3° et 4°), d'une co-infection (5°) ou, enfin, de certaines conditions écologiques (6°, 7°, 8°).

Dans l'établissement du diagnostic et au cours des recherches pathologiques, les conclusions suivantes doivent être prises en considération :

la non-présence des signes typiques d'une maladie à ultra-virus d'Insectes, ne correspond pas obligatoirement à l'absence de la maladie elle-même;

divers aspects d'Insectes malades peuvent dissimuler ou masquer une affection à ultra-virus.

La séance est levée à $16^h 35^m$.

R. C.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TRENTE-ET-UNIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET - DÉCEMBRE 1950.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 231.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

X

Y

Z

II. — PARTIE ACADEMIQUE.

A

B

C

D

E

H

J

M

N

O

TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

T

U

V

W

X

Y

Z

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

141538-52.

